

**FRAKSINASI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DALAM SEDIMEN LAUT  
SEBAGAI ALAT PENDUGAAN NILAI POTENSI BIOAVABILITAS DI  
PERAIRAN TELUK JAKARTA**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

**DEVI SELVINIA**

**NIM. 125080601111003**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

**FRAKSINASI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DALAM SEDIMEN LAUT  
SEBAGAI ALAT PENDUGAAN NILAI POTENSI BIOAVABILITAS DI  
PERAIRAN TELUK JAKARTA**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan  
Di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya**

**Oleh :**

**DEVI SELVINIA**

**NIM. 125080601111003**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

FRAKSINASI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DALAM SEDIMEN LAUT  
SEBAGAI ALAT PENDUGAAN NILAI POTENSI BIOAVABILITAS DI  
PERAIRAN TELUK JAKARTA

Oleh :

DEVI SELVINIA

NIM. 125080601111003

telah dipertahankan didepan penguji  
pada tanggal 25 Oktober 2016  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I



(M. Arif Zainal Fuad, S.Kel, M.Sc)

NIP. 19801005 200501 1 002

Tanggal: 11 NOV 2016

Dosen Penguji II



(Syarifah Hikmah, J.S, S.Pi, M.Sc)

NIP. 19840720 201404 2 001

Tanggal: 11 NOV 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D)

NIP. 197408122003122 001

Tanggal: 11 NOV 2016

Dosen Pembimbing II



(Lestari, M.Si)

NIP. 1974083119998032003

Tanggal: 11 NOV 2016



Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal: 11 NOV 2016

## PERTANYAAN ORIGINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 25 Oktober 2016

Hormat saya,

DEVI SELVINIA



## UCAPAN TERIMA KASIH

Laporan “Fraksinasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Laut Sebagai Alat Pendugaan Nilai Potensi Bioavailabilitas Di Perairan Teluk Jakarta” dapat terselesaikan dengan bantuan dan dorong dari beberapa pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada;

1. ALLAH SWT, yang telah memberikan kesehatan, karunia dan nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi Ini
2. Kedua Orang tua, Mama dan Papa yang senantiasa selalu mendoakan dan memberikan dukungan moral selama proses pembuatan proses Laporan ini.
3. Ibu Feni Iranawati S.Pi, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan waktu selama pembuatan Laporan Ini.
4. Ibu Lestari M.Si, selaku pembimbing 2 yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan waktu selama pembuatan Laporan Ini.
5. Bapak Abdul Rozak A.Md dan Bapak M. Taufik Kaisupy selaku pembimbing di Laboratorium.Pencemaran Logam Berat, P20 LIPI
6. Sahabat-sahabat tercinta (Indri, Puja, Resky, Mayuni, welince dan Tala) dan warga Konoha terkasih (Dessy, Sita, Isti, Ririn, Ardhi, Siddiq, dan Faruk), yang senang setiasa selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

## RINGKASAN

**DEVI SELVINIA.** “Fraksinasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Laut Sebagai Alat Pendugaan Nilai Potensi Bioavailabilitas Di Perairan Teluk Jakarta” (dibawah bimbingan **Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D** dan **Lestari, M.Si**).

---

Pencemaran laut yang terjadi di perairan Indonesia khususnya wilayah perairan Teluk Jakarta sungguh memprihatinkan. Bahan pencemar yang banyak dibuang ke dalam perairan Teluk Jakarta dan mencemari wilayah tersebut adalah logam berat. Salah satu jenis logam berat yang ini keberadaannya banyak terdapat di lingkungan laut adalah tembaga (Cu). Keberadaan logam berat Cu maupun jenis logam lainnya di lingkungan laut akan lebih banyak ditemukan pada sedimen laut daripada kolom air. Terakumulasi dengan baiknya logam berat dalam sedimen akan memberikan dampak negatif pada organisme laut khususnya organisme bentik. Oleh karena itu informasi mengenai ketersediaan logam berat dalam sedimen bagi biota (bioavailability) menjadi sangat diperlukan, agar dapat diketahui apakah logam berat yang ada di dalam sedimen dapat membahayakan organisme laut atau tidak. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui *bioavailability* logam berat dalam sedimen adalah dengan menggunakan proses fraksinasi logam berat.

Proses analisis Fraksinasi dilakukan dengan menggunakan metode *BCR 3-Step Sequential Extraction Technique (SET)*. Selain itu pula dilakukan analisis terhadap Parameter lingkungan (pH, suhu, salinitas, turbiditas dan DO), konsentrasi total logam berat, ukuran butiran sedimen dan total organik matter. Hal ini dilakukan karena ke empat parameter tersebut memiliki pengaruh terhadap proses analisis fraksinasi. Data yang di dapat dari hasil analisis kemudian di analisis dengan menggunakan analisis statistik, yaitu uji normalitas dan korelasi pearson.

Hasil analisis yang didapat dalam penelitian kali ini, untuk parameter lingkungan seperti pH, suhu salinitas, Turbiditas dan DO, Memiliki nilai yang bervariasi antara setiap titiknya, Seperti nilai pH yang di dapat pada kedua stasiun baik Timur dan Barat berada pada kisaran 7.6 – 7.9. Bahan organik total dalam penelitian kali ini di dapatkan hasil, yaitu pada Stasiun Timur dan Barat dalam penelitian ini menghasilkan presentase BOT berkisar antara 2.3 % - 8.3 %. Jenis substrat yang terdapat pada stasiun penelitian yaitu, lumpur berpasir, pasir berlumpur dan pasir. Untuk rata – rata konsentrasi total logam berat di titik yang berada Stasiun Barat, yaitu sebesar 9.66 mg/kg sedangkan untuk titik yang berada di Stasiun Timur, yaitu sebesar 12.16 mg/kg. Karakteristik geokimia dalam analisis fraksinasi logam berat Cu pada sedimen dengan menggunakan metode BCR di lokasi penelitian diketahui bahwa tipe fraksi yang mendominasi, yaitu Fraksi *Residual*. Hubungan antara setiap fraksi dengan ukuran butiran sedimen dan BOT dalam penelitian ini tidak memiliki hubungan yang signifikan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian Skripsi yang berjudul **“Fraksinasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Laut Sebagai Alat Pendugaan Nilai Potensi Bioavailabilitas Di Perairan Teluk Jakarta”**.

Laporan ini dirancang dan ditulis untuk memenuhi persyaratan dan meraih gelar Sarjana Kelautan. Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatas yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurang tepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 25 Oktober 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

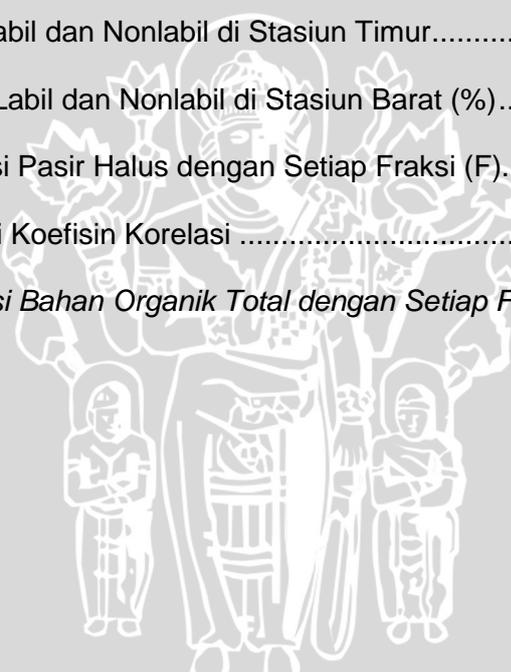
RINGKASAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pencemaran Laut .....	5
2.2 Karakteristik Tembaga (Cu) .....	5
2.3 Logam Berat (Cu) Dalam Sedimen .....	7
2.4 Tembaga (Cu) .....	8
2.5 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Logam Berat (Cu) .....	9
2.5.1 pH .....	9
2.5.2 Suhu .....	10
2.5.3 Salinitas .....	10
2.5.4 Turbiditas .....	12
2.5.5 Oksigen Terlarut .....	12
2.6 Bahan Organik Total dalam Sedimen .....	13
2.7 Ukuran Butiran Sedimen .....	14
2.8 Geokimia Logam Berat (Cu) dalam Sedimen .....	15
2.9 Metode BCR- 3 Step Sequential Extraction Procedure (SEP) .....	16
<b>III. METODOLOGI</b> .....	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	20
3.2.1 Alat dan Fungsinya .....	20
3.2.2 Bahan dan Fungsinya .....	21
3.3 Analisis Sampel Sedimen .....	22
3.3.1 Analisis Konsentrasi Total Logam Berat Cu dalam Sedimen .....	22
3.3.2 Analisis Bahan Organik Total (BOT) .....	23
3.3.3 Analisis Ukuran Butiran Sedimen .....	23
3.3.4 Analisis Fraksinasi Logam Berat Dalam Sedimen .....	24
3.4 Analisis Data .....	24
3.5 Validasi Metode Analisis Fraksinasi dan Konsetrasi Total Logam Berat Cu di Perairan Teluk Jakarta .....	26
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>27</b>
4.1 Kualitas Perairan Teluk Jakarta .....	27

4.1.1 pH ( Derajat Keasaman) .....	27
4.1.2 Suhu (Temperatur) .....	29
4.1.3 Salinitas.....	31
4.1.4 Turbiditas.....	32
4.1.5 DO (Oksigen Terlarut).....	34
4.2 Bahan Organik Total dalam Sedimen Perairan Teluk Jakarta.....	36
4.3 Ukuran Butiran Sedimen di Perairan Teluk Jakarta.....	38
4.4 Validasi Metode Analisis Fraksinasi dan Konsentrasi Total Logam Berat Cu di Perairan Teluk Jakarta. ....	40
4.5 Konsentrasi Total Logam Berat Cu di Sedimen PerairanTeluk Jakarta. ....	41
4.6 Fraksinasi Logam Berat Cu di Perairan Teluk Jakarta. ....	45
4.7 Korelasi Antara Ukuran Butiran dengan Setiap Fraksi.....	49
4.8 Korelasi Antara Bahan Organik Total dengan Setiap Fraksinya.....	52
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN .....	62



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skala “Wentworth” .....	14
Tabel 2. Alat dan Fungsinya .....	20
Tabel 3. Bahan – bahan dan Fungsinya .....	21
Tabel 4. Persentase Ukuran Butiran Sedimen .....	39
Tabel 5. Nilai Recovery Metode CEM Microwave .....	41
Tabel 6. Nilai Recovery Metode Fraksinasi ‘BCR’ .....	41
Tabel 7. Hasil Analisis Fraksinasi di Stasiun Timur .....	45
Tabel 8. Hasil Analisis Fraksinasi di Stasiun Barat.....	45
Tabel 9. Hasil Fraksi Labil dan Nonlabil di Stasiun Timur.....	47
Tabel 10. Hasil Fraksi Labil dan Nonlabil di Stasiun Barat (%).....	47
Tabel 11. Hasil Korelasi Pasir Halus dengan Setiap Fraksi (F).....	50
Tabel 12. Kisaran Nilai Koefisin Korelasi .....	51
Tabel 13. Hasil Korelasi Bahan Organik Total dengan Setiap Fraksi (F).....	52



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Masuknya logam secara alami (Goyer dan Clarkson, 2001) ..... 6

Gambar 2. Tembaga, (Mineral, 2016) ..... 8

Gambar 3. Peta lokasi penelitian ..... 19

Gambar 4. Nilai pH Stasiun Timur dan Barat ..... 28

Gambar 5. Nilai Suhu Stasiun Timur dan Barat ..... 29

Gambar 6. Nilai Salinitas Stasiun Timur dan Barat ..... 31

Gambar 7. Nilai Turbiditas Stasiun Timur dan Barat ..... 33

Gambar 8. Nilai DO Stasiun Timur dan Barat ..... 35

Gambar 9. Grafik Bahan Organik Total ..... 37

Gambar 10. Grafik Total Konsentrasi Logam Berat Cu ..... 42



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Metode CEM Microwave Analisis Konsentrasi Logam Berat Cu.....	62
Lampiran 2. Skema Kerja Bahan Organik Total (APHA,1992) .....	63
Lampiran 3. Prosedur Kerja Analisis Ukuran Butiran Sedimen di Lab Geologi Laut, P2O, LIPI. ....	64
Lampiran 4. Pembuatan Reagen Untuk Analisis Fraksinasi Logam Berat Cu. ...	65
Lampiran 5. Skema analisis Fraksinasi Logam Berat Cu dengan Menggunakan Metode BCR (Community Bureau Of Reference).....	66
Lampiran 6. Validasi Metode.....	68
Lampiran 7. Tabel CRM PACS 2 .....	69
Lampiran 8. Tabel Hasil Konsentrasi Total Logam Berat Cu dalam Sedimen ...	70
Lampiran 9. Tabel Hasil Analisis Bahan Organik Total (BOT).....	72
Lampiran 10. Hasil Ukuran Butiran Sedimen .....	73
Lampiran 11. Hasil Analisis Segitiga Shepard.....	74
Lampiran 12. Hasil uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov.....	77
Lampiran 13. Hasil Analisis Korelasi Pearson.....	81
Lampiran 14. Hasil Analisis Fraksinasi Logam Berat Cu dalam Sedimen. ....	85
Lampiran 15 Dokumentasi Penelitian.....	94

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran laut yang terjadi di perairan Indonesia khususnya wilayah perairan Teluk Jakarta sungguh memprihatinkan. Hal ini dikarenakan wilayah Teluk Jakarta berada dekat dengan kegiatan industri seperti pabrik cat, gudang pendingin, pelabuhan dan tempat rekreasi. Wilayah Jakarta dan sekitarnya pun menjadikan Teluk Jakarta sebagai badan air terakhir yang digunakan untuk menampung limbah dan sampah yang berasal dari industri maupun rumah tangga, baik secara langsung maupun tidak langsung masuk melalui 13 sungai yang terdapat di sekitar wilayah tersebut (Rochyatun *et al.*, 2007).

Bahan pencemar yang banyak dibuang ke perairan Teluk Jakarta adalah logam berat. Logam berat memiliki sifat yang tidak dapat diuraikan secara biologis dan stabil, tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, dan dapat terakumulasi dalam lingkungan (Ridhowati, 2013). Kondisi tersebut menjadikan senyawa ini berbahaya. Salah satu jenis logam berat yang saat ini terdapat di lingkungan laut adalah tembaga (Cu). Cu merupakan logam esensial yang dibutuhkan oleh organisme, tetapi apabila dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun (Fahrudin, 2010 *dalam* Normansyah, 2011).

Keberadaan logam berat Cu maupun jenis logam lainnya di lingkungan laut akan lebih banyak ditemukan pada sedimen laut daripada kolom air. Hal ini disebabkan karena proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks yang dapat mengikat logam berat dengan senyawa organik dan anorganik, yang membuat logam berat dapat terakumulasi dengan baik (Tarigan *et al.*, 2003). Sedimen laut sendiri dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena sedimen merupakan penyerap bahan pencemar yang berasal dari daratan (Wijayanti *et al.*, 2015). Banyaknya akumulasi logam berat dalam sedimen akan

memberikan dampak negatif bagi biota, khususnya biota benthik oleh karena itu, informasi mengenai ketersediaan logam berat (Cu) dalam sedimen bagi biota (*bioavailability*) sangat diperlukan.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui informasi ketersediaan logam berat (Cu) dalam sedimen bagi biota (*bioavailability*) adalah dengan menggunakan proses Fraksinasi. Fraksinasi logam berat memiliki fungsi yaitu, memberikan informasi mengenai perilaku dan karakteristik suatu unsur berdasarkan mobilitas, fungsi, bioavailabilitas dan toksisitasnya (Puspasari *et al.*, 2014). Proses Fraksinasi logam berat dalam sedimen dapat dilakukan dengan metode *BCR 3 – Step Sequential Extraction Technique (SET)*. Penelitian ini mengenai analisis konsentrasi dan fraksi geokimia logam berat Cu dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta dengan menggunakan metode *BCR 3 – Step Sequential Extraction Technique (SET)*, penting dilakukan guna mengetahui *bioavailability* logam berat dalam sedimen dan besar potensi pencemarnya perairan Teluk Jakarta.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian mengenai Fraksinasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Laut Sebagai Alat Pendugaan Nilai Potensi Bioavailabilitas Di Perairan Teluk Jakarta memiliki beberapa rumusan masalah. Adapun rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik Fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen di Perairan Teluk Jakarta?
2. Seberapa besar potensi ketersediaan logam berat Cu dalam sedimen di Perairan Teluk Jakarta bagi biota dengan menggunakan metode *BCR 3 – Step Sequential Extraction Technique (SET)*?

3. Darimana asal sumber logam berat Cu yang ada di dalam sedimen Perairan Teluk Jakarta?
4. Bagaimana keterkaitan antara ukuran butiran sedimen maupun bahan organik total dengan karakteristik geokimia logam berat Cu dalam sedimen di Perairan Teluk Jakarta?

### 1.3 Tujuan

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis karakteristik Fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen laut
2. Untuk menganalisis potensi ketersediaan logam berat Cu dalam sedimen bagi biota dengan menggunakan metode *BCR 3 – Step Sequential Extraction Technique (SET)*
3. Untuk menganalisis sumber logam berat Cu yang ada di dalam sedimen.
4. Untuk menganalisis hubungan antara ukuran butiran sedimen dan bahan organik total sedimen dengan karakteristik geokimia logam berat Cu dalam sedimen di Perairan Teluk Jakarta.

### 1.4 Manfaat

Penelitian mengenai Fraksinasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Laut Sebagai Alat Pendugaan Nilai Potensi Bioavailabilitas Di Perairan Teluk Jakarta memberikan beberapa manfaat. Adapun manfaat adalah sebagai berikut :

1. Dapat menduga ketersediaan logam berat dalam sedimen bagi biota sehingga dapat diketahui apakah konsentrasi logam berat tembaga (Cu) dalam sedimen sudah sangat berbahaya atau tidak.

2. Dapat Memberikan informasi mengenai sumber logam berat Cu dan karakteristik geokimia logam berat Cu dalam sedimen.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran Laut

Pencemaran laut merupakan suatu peristiwa masuknya suatu zat/bahan ke dalam lingkungan laut. Berdasarkan Keputusan Kementerian lingkungan Hidup No. 19/MENKLH/1999. Pencemaran laut memiliki pengertian yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya. Pengertian lain mengenai pencemaran laut dimasukkannya senyawa–senyawa dan energi ke dalam lingkungan laut (termasuk estuaria) oleh manusia baik secara langsung maupun tidak langsung dan memberikan dampak negatif terhadap sumber daya hayati, kesehatan masyarakat, gangguan aktifitas maritim termasuk didalamnya kegiatan penangkapan ikan, penurunan kualitas air yang untuk peruntukannya dan penurunannya minat kegiatan rekreasi (Syakti, 2012).

Bahan pencemar yang paling banyak mencemari lingkungan laut saat ini adalah logam berat. Masuknya logam berat ke dalam perairan laut bersumber dari buangan kota dan industri yang nantinya buangan limbah tersebut mengalir melalui sungai, *outfall* dan pembuangan secara langsung ke laut (Normansyah *et al.*, 2011). Sumber logam berat saat ini dapat berasal dari kegiatan industri maupun alam, dimana nantinya logam berat akan membentuk senyawa *toxic*. Logam berat yang paling banyak mencemari lingkungan air adalah Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, dan Zn dalam bentuk senyawa toksik (Tarigan *et al.*, 2003).

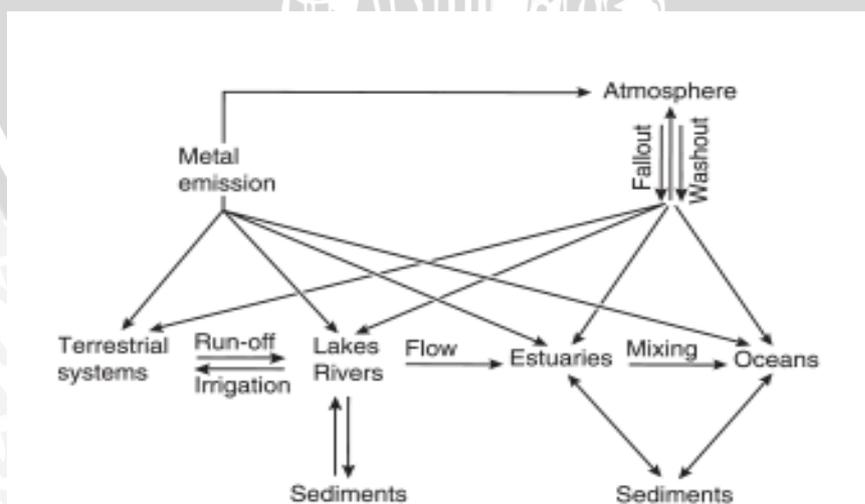
### 2.2 Karakteristik Tembaga (Cu)

Logam berat seperti tembaga (Cu) memiliki sifat yang tidak dapat diuraikan secara biologi dan stabil. Hal ini yang membuat zat pencemar jenis ini

memiliki efek yang berbahaya. Bentuk logam berat sendiri dapat berupa senyawa organik, anorganik atau terkait dalam senyawa yang lebih berbahaya daripada kemurniannya. Senyawa-senyawa sulfida, seperti sulfhidril (-SH) dan disulfida (S-S) apabila berikatan dengan logam berat membuat terjadinya peningkatan afinitas terhadap logam berat. Sifat logam berat lainnya yaitu, logam berat memiliki masa jenis lima atau lebih, dengan nomor atom 22 sampai dengan 92 (Ridhowati, 2013).

Menurut Sanusi dan Putranto (2009) logam berat memiliki karakteristik fisik dan kimia. Adapun karakteristik tersebut adalah sebagai berikut:

1. Massa jenis atau densitas logam berat > 5 g/cm<sup>3</sup>
2. Nomor atom dari logam yaitu, 22 sampai 92 dan berada pada golongan dan periode 2 sampai 7
3. Memiliki daya hantar listrik dan panas yang baik
4. Logam memiliki sifat elektronegativitas yang membuat kecenderungan berikatan dengan bahan organik dan anorganik di dalam air.
5. Mudah terabsorpsi oleh koloid seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (flokulasi).



Gambar 1. Masuknya logam secara alami (Goyer dan Clarkson, 2001)

Logam terdapat di lingkungan laut dapat terjadi secara alami karena adanya siklus geologi dan biologi. Untuk siklus geologi dapat terjadi karena adanya pelapukan batuan yang nantinya terbawa oleh sungai dan mengalir ke laut dan terendapkan di dalam sedimen. Siklus selanjutnya yaitu siklus biologi dimana keberadaan logam di lingkungan dikarenakan adanya biokonsentrasi oleh tumbuhan dan hewan (Goyer dan Clarkson, 2001). Adapun gambaran masuknya logam secara alami ke dalam lingkungan dapat dilihat pada Gambar 1.

### 2.3 Logam Berat (Cu) Dalam Sedimen

Keberadaan logam berat seperti Cu dalam sedimen dapat disebabkan karena, bahan pencemar jenis ini dapat berkaitan dengan senyawa organik dan anorganik. Proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks merupakan proses yang menyebabkan logam berat dan kedua senyawa tersebut saling berikatan. Hal ini pula yang membuat bahan pencemar seperti logam berat dapat terakumulasi dalam sedimen sungai dan laut dan menyebabkan kadar logam berat dalam sedimen lebih besar dari pada di kolom air (Tarigan *et al.*, 2003).

Masuknya logam berat ke dalam sedimen dapat melalui tiga mekanisme, yaitu melalui 1) Adsorpsi fisika – kimia dari kolom air, 2) Proses *uptake* oleh bahan organik atau organisme, 3) proses sedimentasi yang menyebabkan terjadinya akumulasi dari bahan partikulat yang mengandung logam. Untuk mekanisme Adsorpsi fisika – kimia dari kolom air terjadi dalam berbagai cara. Proses adsorpsi fisik biasa terjadi ketika secara langsung bahan partikulat mengabsorpsi logam berat yang ada di kolom air. Proses adsorpsi kimia dan biologi merupakan proses yang lebih kompleks daripada proses adsorpsi secara fisik. Hal ini dikarenakan untuk adsorpsi secara kimia dan biologi dikontrol oleh banyak faktor seperti oksidasi dan pH (Greaney, 2005).

## 2.4 Tembaga (Cu)

Sifat tembaga di perairan alami dapat berbentuk partikulat, koloid dan terlarut.  $\text{Cu}^{2+}$  merupakan fase terlarut yang bebas dan memiliki ikatan kompleks dengan ligan inorganik ( $\text{CuOH}^+$ ,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$ ) maupun organik. Cu pula membentuk ikatan kompleks, tidak hanya dengan ligan  $\text{OH}^-$  tetapi dengan ligan inorganik lainnya yaitu, dengan karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), fosfat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sulfida ( $\text{SH}^-$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) yang bersifat basah dengan stabilitas berbeda-beda. Ammonia dan sulfida yang berikatan dengan Cu kompleks memiliki sifat yang tergolong stabil (Sanusi dan Putranto, 2009).

Logam berat  
bentuk berupa  
kemerahan  
Tabel Periodik  
golongan 1 B  
Nomor atom  
atom relatif  
berat jenis ini  
63,546,



Cu memiliki  
Kristal  
dan dalam  
terdapat pada  
periode 4.  
dan massa  
dari logam  
yaitu, 29 dan  
sedangkan

untuk titik lebur dan titik didih yaitu,  $1,9834\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $2,567\text{ }^\circ\text{C}$  (Syakti, 2012).

Gambar 2. Tembaga, (Mineral, 2016)

Keberadaan Logam berat Cu secara alami sudah ada di perairan laut. Cu juga dapat digunakan sebagai antifouling pada cat kapal, limbah industri, perikanan dan rumah tangga pun menghasilkan limbah logam tembaga (Purwiyanto, 2013). Adanya Logam berat Cu dalam jumlah yang berlebih di lingkungan laut dapat menimbulkan efek negatif bagi biota laut. Biota laut juga sangat peka akan konsentrasi logam berat Cu yang berlebih dalam badan perairan tempat hidupnya. Sekitar 0,01 ppm atau 10 ppb konsentrasi Cu terlarut dalam air laut dapat menyebabkan kematian fitoplakton yang ada di perairan laut. Hal ini dikarenakan daya racun Cu menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton. Untuk keluarga krustasea akan mengalami kematian apabila terpapar oleh logam berat Cu selama 96 jam dengan konsentrasi Cu berada dalam kisaran 0,17-1,00 ppm. Dengan waktu yang sama pula akan mengakibatkan organisme yang berasal dari keluarga moluska akan mengalami kematian akibat terpapar oleh logam berat Cu dengan konsentrasi logam berat Cu yang terlarut berkisar 0,16-0,5 ppm. Pada ikan konsentrasi Cu dapat menyebabkan kematian sebesar 2,5-3,0 ppm (Tarigan *et al.*, 2003).

### **2.5 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Logam Berat (Cu)**

Konsentrasi logam berat dalam suatu perairan di pengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan lainnya, seperti pH, suhu, salinitas, turbiditas dan oksigen terlarut. Adapun penjelasan mengenai ke lima parameter lingkungan tersebut adalah sebagai berikut:

#### **2.5.1 pH**

pH merupakan satuan untuk menyatakan suatu larutan bersifat basah atau asam. Perairan laut sendiri memiliki nilai pH di atas 7 atau basah. Nilai pH di perairan laut dapat bersifat asam atau lebih rendah dari pada 7 dalam kondisi tertentu. Perubahan nilai pH dalam perairan dapat mempengaruhi kehidupan organisme laut. Nilai pH yang baik untuk kehidupan biota yaitu, berkisar antara

7–8,5 (Susana, 2009). pH merupakan salah satu parameter lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan laut. Kelarutan logam berat akan mengalami penurunan apabila berada dalam kondisi basah. Hal ini dikarenakan pH yang tinggi akan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang akan membentuk ikatan dengan partikel badan air (Male *et al.*, 2014).

### 2.5.2 Suhu

Besaran yang menyatakan derajat panas dan dingin suatu benda adalah suhu atau temperatur. Termometer merupakan alat yang sering digunakan untuk mengukur suhu. Kebanyakan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari mengukur suhu dilakukan dengan menggunakan indera peraba. Tetapi perkembangan teknologi yang berkembang dengan pesat membuat terciptanya termometer yang berfungsi untuk mengukur suhu dengan *valid* (Kristanto dan Riandadari, 2013). Suhu merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi kondisi laut. Suhu di laut menjadi faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di lautan. Hal ini dikarenakan aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme laut di pengaruhi oleh suhu (Hutabarat dan Evans, 2012). Suhu merupakan salah satu pembatas bagi ekosistem dan biota laut. Perubahan suhu dapat mempengaruhi proses fisika, kimia dan biologi yang ada di perairan. Kenaikan suhu di perairan juga dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air seperti  $O_2$  dan terjadi peningkatan gas  $CO_2$ ,  $N_2$  dan  $CH_4^2$  (Ramdhan, 2015).

Konsentrasi logam berat dalam perairan laut juga di pengaruhi oleh suhu. Tingginya nilai suhu di suatu perairan akan meningkatkan pembentukan ion logam berat sehingga proses pengendapan logam berat pada sedimen semakin meningkat pula (Hutagalung, 1984 dalam Wulandari *et al.*, 2009). Konsentrasi logam berat di laut baik dalam bentuk ion bebas logam yang berasosiasi dengan

partikel tersuspensi, logam yang bersenyawa dengan logam lain dan logam yang bersenyawa dengan klorida dapat dipengaruhi oleh suhu di perairan laut (Taftazani *et al*, 2005).

### 2.5.3 Salinitas

Konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut adalah salinitas. Konsentrasi garam pada contoh air laut mempunyai jumlah relatif yang sama meskipun pengambilannya dilakukan ditempat yang berbeda (Purnomo *et al*, 2013). Salinitas memiliki satuan yaitu, ppt atau yang biasa ditulis sebagai ‰. Umumnya perairan laut lepas memiliki nilai salinitas sebesar 35 ‰ yang artinya dalam 1 kg air laut terdapat elemen–elemen kimia yang terlarut sebesar 35 gram. Pengertian lainnya yaitu sekitar 96,5 % kandungan air dan sebesar 3,5 % merupakan elemen–elemen kimia yang terlarut. Elemen–elemen kimia terlarut dalam air laut terdiri dari elemen mikro dan makro. Elemen kimia makro dalam air laut berkisar antara 95 % dan sekitar 5 % merupakan elemen kimia mikro. Contoh dari elemen makro yang ada di laut yaitu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) (Sanusi dan Putranto, 2009).

Di perairan Indonesia sendiri memiliki kisaran salinitas sebesar 30-35 ‰. Faktor yang mempengaruhi nilai salinitas di suatu perairan, yaitu pola sirkulasi air, penguapan (evaporasi), curah hujan (presipitasi) dan adanya aliran sungai (*run off*) (Patty, 2013). Nilai salinitas di suatu perairan laut juga akan mempengaruhi konsentrasi logam berat. Tingginya nilai salinitas akan mengakibatkan peningkatan agen pengomplek di perairan seperti  $\text{Cl}^-$  dan membuat logam berat berikatan dengan  $\text{Cl}^-$  lebih banyak, sehingga toksisitas logam berat terhadap biota akan menurun. Sebaliknya apabila nilai salinitas rendah maka logam berat lebih banyak dalam bentuk ion bebas dan menyebabkan logam berat lebih mudah masuk ke dalam tubuh biota (Suwarsito dan Sarjanti, 2014).

#### 2.5.4 Turbiditas

Turbiditas atau yang biasa disebut dengan kekeruhan adalah gambaran sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Penyebab terjadi kekeruhan di suatu perairan dapat disebabkan oleh bahan organik maupun anorganik yang tersuspensi ataupun terlarut seperti lumpur, pasir, plankton dan mikroorganisme lainnya (Irawan dan Sari, 2013). Turbiditas terjadi karena adanya partikel yang tersuspensi ataupun yang terlarut dalam suatu perairan yang menyebabkan penghamburan cahaya sehingga air keruh. Jenis partikel yang menyebabkan kekeruhan yaitu lumpur, ganggang, mikroorganisme dan lain-lain. Satuan yang menyatakan kekeruhan yaitu *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) (Minnesota Pollution Control Agency, 2008)

#### 2.5.5 Oksigen Terlarut.

Unsur kimia yang sangat menunjang kehidupan berbagai organisme adalah oksigen. Organisme perairan memanfaatkan oksigen untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat anorganik. Oksigen terlarut yang terdapat di suatu perairan berasal dari proses difusi udara dan hasil fotosintesi organisme berklorofil. Indikator kesuburan suatu perairan dapat dilihat dari oksigen terlarut. Semakin menurunnya oksigen terlarut disebabkan karena semakin meningkatnya limbah organik di perairan tersebut yang menyebabkan oksigen yang di butuhkan bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik semakin banyak (Simanjuntak, 2007).

Keberadaan oksigen terlarut dalam perairan laut juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan lainnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi DO yaitu, suhu, tekanan uap air dan salinitas. Fluktuasi suhu yang terjadi di suatu perairan akan menyebabkan perubahan konsentrasi oksigen terlarut di wilayah

perairan tersebut. Satuan yang menyatakan oksigen terlarut yaitu, ppm (*part per million*) dan alat yang digunakan untuk mengukur DO adalah DO meter (Purba dan Khan, 2010). Kandungan oksigen terlarut dalam perairan laut mempengaruhi kelarutan logam berat. Semakin rendah nilai DO menyebabkan daya larut logam berat semakin rendah sehingga logam berat lebih mudah untuk mengendap. Kondisi perairan yang anoksi akan membuat logam berat seperti Zn, Cu, Cd, Pb, Hg, dan Ag sulit untuk terlarut (Ramlal, 1987 *dalam* Maskulah, 2006).

## 2.6 Bahan Organik Total dalam Sedimen.

Indikator kesuburan lingkungan baik di darat maupun di laut adalah bahan organik. Kualitas tanah yang ada di lingkungan darat dapat tercermin dari kandungan bahan organik yang ada sedangkan untuk lingkungan perairan bahan organik menjadi faktor penentu kualitas suatu perairan. Bahan organik yang masuk dalam jumlah yang banyak ke dalam perairan dapat menyebabkan pendangkalan dan penurunan mutu air. Oleh karena itu, bahan organik dalam jumlah tertentu dapat berguna bagi suatu perairan dan akan menjadi gangguan apabila berada dalam jumlah yang berlebih (Odum, 1997 *dalam* Sari, 2014). Terdapat 2 komponen yang penting dalam bahan organik yaitu karbon dan nitrogen. Keberadaan karbon organik dalam sedimen tergantung pada beberapa faktor, yaitu karakteristik sedimen, degradasi mikroba, produktifitas kolom air dan masukan dari daratan (Burone *et al*, 2003).

Perairan laut mengandung senyawa atau substansi organik dalam kadar yang rendah, yaitu <0,001 %. Bahan organik atau komponen organik yang terdapat di dalam lingkungan laut dapat terdiri dari kelompok hewan dan tumbuhan baik yang hidup maupun yang mati, dan produk eskudat limbah organik hasil aktivitas manusia. Apabila dilihat dari komposisi kimiawi yang ada di lingkungan laut, bahan organik dapat berupa karbohidrat, protein dan asam

amino (Millero dan Sohn, 1992 *dalam* Sanusi dan Putranto, 2009). Bahan organik di lingkungan laut juga dibagi dua jenis yaitu, DOM (*Dissolved Organic Matter*) dan POM (*Particulate Organic Matter*) dimana DOM merupakan substansi organik yang dapat terlarut sedangkan POM merupakan bahan organik dalam bentuk partikulat (Sanusi dan Putranto, 2009).

Bahan organik dalam sedimen laut memiliki hubungan dengan konsentrasi logam berat. Menurut Leiwakabessy (2005) *dalam* Rumahlatu (2011) kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam kolom air, dapat disebabkan karena logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan nantinya mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen. Tingginya konsentrasi bahan organik seperti karbon organik dalam sedimen memungkinkan konsentrasi logam berat yang terdapat dalam sedimen semakin tinggi. Hal ini di karenakan bahan organik yang ada pada sedimen, terutama dalam bentuk karbon organik akan lebih memungkinkan terbentuknya ikatan-ikatan antara karbon organik dengan logam. Karbon mampu melakukan ikatan dengan sedimen dalam bentuk ikatan kompleks (*complexation*) (Haeruddin *et al*, 2005).

## 2.7 Ukuran Butiran Sedimen

Pembagian ukuran butiran sedimen dari ukuran terkecil hingga terbesar dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengayakan bertingkat (Efendi *et al*, 2012). Selain itu untuk menentukan nilai ukuran suatu partikel dapat dilihat dengan menggunakan Skala “Wentworth”. Adapun skala “Wentworth” tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Skala “Wentworth”

Klasifikasi	Ukuran Butiran (mm)
Batu	256
Batu Kerikil (Cobble)	128
	64

Koral (Pebble)	Besar	32
	Sedang	16
	Kecil	8
	Sangat Kecil	4
Pasir	Sangat kasar	1
	Kasar	0,5
	Sedang	0,25
	Halus	0,125
Lumpur	Sangat Halus	0,063
	Kasar	0,031
	Sedang	0,015
	Halus	0,0075
Lempung	Sangat Halus	0,0037
	Kasar	0,0018
	Sedang	0,0009
	Halus	0,0005
	Sangat Halus	0,0003

Faktor utama dalam penentuan arah dan sebaran sedimen yaitu arus dan gelombang. Kekuatan kedua faktor ini juga menyebabkan karakteristik sedimen berbeda sehingga pada dasar perairan disusun oleh berbagai kelompok populasi sedimen. Apabila arus perairan semakin kuat maka sedimen akan sulit mengendap sedangkan sedimen akan mengendap dengan baik apabila arus perairan tersebut lemah (Rifardi, 2010 *dalam* Wanda, 2014). Ukuran butiran sedimen memiliki hubungan dengan konsentrasi logam berat yang ada di suatu perairan. Konsentrasi logam berat akan meningkat dalam sedimen yang mempunyai ukuran sedimen yang lebih halus dan mempunyai banyak kandungan organik sebaliknya sedimen dengan ukuran butiran yang cukup besar memiliki kandungan logam berat yang cukup rendah (Huang dan Lin, 2003 *dalam* Yang *et al.*, 2007)

## 2.8 Geokimia Logam Berat (Cu) dalam Sedimen

Fase geokimia yang ada dalam sedimen akuatik dapat menjadi sumber potensial logam berat pada sistem estuari. Fase geokimia yang berkaitan dengan logam berat dalam sedimen yaitu, meliputi tanah pasir, lumpur, pasir, bahan organik, oksida besi, mangan, aluminium dan silikat, karbonat dan sulfida kompleks (Shea, 1988 *dalam* Bandel – young dan Thomas, 1987). Keberadaan

logam berat dalam sedimen selalu berada dalam fraksi geokimia, dimana fraksi tersebut yaitu, fraksi resisten dan non resisten. Fraksi resisten merupakan fraksi yang berstruktur kristal dari mineral dan sulit untuk terlepas, sehingga fraksi ini juga dapat dikatakan sebagai fraksi non labil. Logam berat pada fraksi ini bersumber dari sumber alami logam seperti penguraian kristal silikat pada batuan. Fraksi Non resisten sendiri merupakan fraksi dimana logam berat akan berikatan dengan komponen besi oksida, mangan oksida, dan kompleks organik di dalam sedimen secara lemah, sehingga logam berat yang berikatan dengan fraksi ini sangat mudah terlepas. Fraksi non resisten sendiri bisa disebut bersifat labil sehingga dapat juga disebut dengan fraksi labil dan sangat mudah diabsorpsi oleh biota. Logam berat yang berikatan dengan Fraksi non resisten memiliki hubungan yang sangat erat dengan masukan antropogenik (Situmorang *et al*, 2010).

### **2.9 Metode BCR- 3 Step Sequential Extraction Procedure (SEP)**

*Sequencing extraction procedure (SEP)* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam proses analisis fraksinasi logam berat dalam sedimen. Metode ini dapat membedakan tipe ikatan dari logam berat sehingga *fate* dari kontaminan logam berat yang berada pada kondisi lingkungan yang berbeda dapat diketahui. (Arifin dan Fadhlina, 2009). Menurut Luoma and Rainbow (2008) dalam Nowrouzi *et al.* (2014), *Sequencing extraction technique (SET)* dapat memberikan informasi mengenai indentifikasi ikatan yang ada pada sedimen dan seberapa besar ikatan antara logam dan partikulat lainnya.

Metode SEP memiliki beberapa jenis prosedur. Zimmerman *et al.* (2009) menjelaskan bahwa terdapat lima prosedur yang biasa digunakan dalam analisis fraksinasi logam berat dalam sedimen maupun tanah. Adapun kelima prosedur tersebut yaitu sebagai berikut:

1. *Tessier procedure*
2. *Community Bureau of Reference (BCR) Procedure*
3. *Short Extraction Procedure* oleh Maiz
4. *Gal'an Procedure*
5. *Geological Society of Canada (GCS) Procedure*

Penelitian kali ini menggunakan prosedur *Community Bureau of Reference (BCR)*. Berdasarkan Sarkar *et al* (2014), metode BCR merupakan salah satu metode yang telah divalidasi dengan menggunakan sedimen *certified reference material BCR-701* dengan unsur konsentrasi yang dianalisis yaitu, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb dan Zn. Terdapat 4 fase ikatan yang dianalisis dengan metode BCR. Keempat fase tersebut adalah sebagai berikut:

1. Fase *Acid-soluble* merupakan fase yang memiliki ikatan yang paling labil apabila berikatan dengan sedimen maupun tanah, hal ini yang membuat fase ini berbahaya dan mudah terlarut dalam air apabila pH mengalami penurunan.
2. Fase *Reducible* merupakan fase yang berikatan dengan besi dan mangan, dan mudah terlepas dari sedimen apabila terdapat perubahan dari kondisi *oxic* menjadi *anoxic*, perubahan kondisi ini dapat disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam tanah maupun sedimen.
3. Fase *Oxidisable* merupakan fase yang menunjukkan jumlah logam berat yang berikatan dengan bahan organik dan sulfida yang mana ikatan ini dapat rilis dibawah kondisi oksidasi.
4. Fase *Residual* merupakan fase yang bersifat *Non-bioavailable*.

Metode BCR menghasilkan 4 tipe fraksi yang dimana untuk setiap tipe memiliki konsentrasi yang berbeda-beda. 4 tipe fraksi tersebut yaitu fraksi *Acid Soluble* atau F1, *Acid Soluble* merupakan fraksi yang mudah terlepas ke dalam kolom air jika berada dalam kondisi yang asam atau pH rendah. F1 dapat

memberikan dampak negatif terhadap perairan laut. Oleh karena itu fraksi ini termasuk ke dalam fraksi labil. F2 atau yang biasa dikenal dengan fraksi *Reducible* merupakan fraksi yang berisikan ikatan logam berat dengan Fe dan Mg oksida dan akan mudah terlepas ke kolom air jika substrat mengalami kondisi yang lebih reduktif. Tipe ikatan selanjutnya yaitu, fraksi *Oxidizabel* atau F3, fraksi ini berisikan ikatan logam berat dengan bahan organik dan sulfur dan akan mudah terlepas ke dalam kolom air jika kondisi lingkungan berada dalam keadaan oksidatif. Fraksi terakhir yaitu, fraksi *Residual* atau F4 merupakan fraksi yang memiliki ikatan terkuat dan berada dalam bentuk kristal dari mineral, selain itu F4 tidak mudah untuk terlepas ke dalam kolom air (Nemati *et al.*, 2009).



### III. METODOLOGI

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April–Juni 2016 dan merupakan salah satu kegiatan pemantauan kadar logam berat yang dilakukan oleh P2O-LIPI (Pusat Penelitian Oseanografi). Sampel sedimen diambil di dua wilayah perairan Teluk Jakarta, yaitu di Teluk Jakarta bagian Barat dan Timur pada tanggal 28–29 Maret 2016. Setiap wilayah mengambil 3 titik lokasi pengambilan sampel sedimen. Sampel sedimen yang diambil merupakan sampel sedimen permukaan 0–10 cm. Proses analisis fraksinasi logam berat tembaga (Cu) dalam sedimen dilakukan di Lab. Logam Berat, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Jakarta Utara (P2O-LIPI). Adapun Peta Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada



Gambar 3. Peta lokasi penelitian

Gambar 3.

Sampel sedimen yang diambil di wilayah bagian Barat Teluk Jakarta tepatnya berada di daerah Muara Sungai Kramat Kebo, sedangkan untuk wilayah

bagian Timur berada di daerah clincing. Lokasi pengambilan sampel berada di wilayah Teluk Jakarta yang dialiri 13 sungai baik besar maupun kecil. Bagian Barat Teluk Jakarta terdapat muara sungai dadap, cengkareng *drain*, muara sungai angke dan muara baru. Lokasi pembuangan limbah dari PLTU dan tempat berlabuh/bersandar kapal-kapal yang selesai bongkar muat barang yang diperlukan oleh industri dan masyarakat di sekitar wilayah Barat Teluk Jakarta. Di wilayah Timur Teluk Jakarta terdapat aliran sungai Cakung dan dekat dengan pelabuhan Tanjung Priok dimana pembuangan limbah air *balast* dari kapal-kapal yang berlabuh maupun bersandar dapat mencemari perairan Teluk Jakarta bagian Timur (Rochyatun *et al.*, 2007).

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat dan Fungsinya

Analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen dengan metode *BCR 3 – Step Sequential Extraction Technique (SET)* ini menggunakan beberapa alat. Adapun alat-alat yang digunakan disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Alat dan Fungsinya

No	Alat	Fungsi
1	Oven Mermert	Proses pengeringan sampel sedimen
2	Timbangan analitik (Sartorius Bp250 s)	Menimbang sampel sedimen
3	Ayakan dengan Bukaan 2 – 0.0063 mm	Mengayak sampel sedimen sesuai dengan ukuran sedimen
4	Cawan petri/porselin	Wadah sampel yang akan dipanaskan
5	Tray alumunium	Menyimpan sampel sedimen yang telah diayak
6	Desikator	Tempat menyimpan sampel agar suhunya konstan
7	Crucible tank	Mengambil alat-alat yang panas
8	Tanur	Memanaskan sampel dengan suhu tinggi
9	Sendok plastic	Menghomogenkan sampel dan sebagai alat untuk mengambil sampel sedimen

10	Mortal dan Alu	Menghomogenkan sampel dan menghaluskan sampel
----	----------------	---

Tabel 2. Lanjutan

No	Alat	Fungsi
11	Botol polietilen kecil	Menyimpan sampel yang telah dihaluskan
12	Vessels	Wadah sampel sedimen yang akan di destruksi menggunakan Microwave
13	Tube Sentrifus 50 ml	Wadah sampel sedimen yang telah di destruksi dan di sentrifus
14	Rak tube sentrifus	Menyimpan tube sentrifus
15	Microwave Marsxpress (CEM)	Mendestruksi sampel sedimen
16	Labu Ukur	Mengencerkan larutan dengan volume tertentu
17	Gelas ukur	Mengukur volume larutan 10 ml sampai 1000 ml
18	pH Meter	Mengukur pH reagen
19	Botol Polietilen 1 l	Menyimpan larutan reagen
20	Shaker	Menghomogenkan dan meleaching sampel sedimen
21	Sentrifus	Memisahkan larutan berdasarkan berat jenisnya
22	Pipet tetes	Mengambil atau menyedot larutan dengan volume tertentu
23	Water bath	Memanaskan sampel sedimen dengan suhu tertentu

### 3.2.2 Bahan dan Fungsinya

Proses analisis dalam penelitian ini menggunakan beberapa bahan yang akan digunakan. Adapun bahan-bahan beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Bahan – bahan dan Fungsinya

No	Bahan	Fungsi
1	CH <sub>3</sub> COOH 99.8 %	Reagen pada fraksi <i>Acid soluble</i>
2	NH <sub>2</sub> OH.HCL 99 %	Reagen pada fraksi Redusible
3	HNO <sub>3</sub> 2 mol/ L	Meningkatkan pH reagen NH <sub>2</sub> OH.HCL
4	CH <sub>3</sub> COOH.NH <sub>4</sub>	Reagen pada fraksi <i>Oxidazible</i>
5	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Penjernih sekaligus oksidator pada larutan HNO <sub>3</sub> dan Campuran bahan reagen pada fraksi <i>Oxidazible</i>
6	HCl	Mengikat ulang kandungan organik pada

	sedimen dan mengasamkan sampel sedimen
--	--

Tabel 3. Lanjutan

No	Bahan	Fungsi
7	HNO <sub>3</sub> Pekat	Mengurai dan mengikat kandungan organik pada sedimen
8	Larutan Standar Cu	Sebagai standar dalam pengukuran kadar logam berat Cu
9	Sampel sedimen	Sebagai bahan yang diuji
10	CRM PAC 2	Mengontrol alat dan untuk mengetahui seberapa besar akurat alat tersebut bekerja
11	Aquabides	Membersihkan, mengencerkan larutan dan lain-lain
12	tissue	Membersihkan alat dan lain-lain
13	Kertas saring Whatman no. 41	Menyaring sampel yang sudah didestruksi
14	Kertas Label	Memberi kode pada sampel
15	Botol polietilen	Menyimpan sampel yang telah dihomogenkan dan dihaluskan
16	Sarung Tangan	Melindungi kulit
17	Masker	Melindungi tubuh dari bahan yang berbahaya
18	Zipper Clip	Penutup Erlenmeyer dan menyimpan sampel

### 3.3 Analisis Sampel Sedimen

#### 3.3.1 Analisis Konsentrasi Total Logam Berat Cu dalam Sedimen

Proses analisis konsentrasi total logam berat Cu dalam sedimen menggunakan metode destruksi CEM Microwave dan Metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Tahap pertama dalam analisis ini, yaitu preparasi sampel dengan melakukan pemanasan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama kurang lebih 24 jam. Setelah proses pemanasan dilakukan sampel sedimen ditimbang sebanyak 1 gr dan dilanjutkan dengan proses destruksi. Jenis destruksi yang digunakan adalah destruksi basah. Destruksi basah menggunakan asam seperti asam nitrat, asam perklorat, asam klorida dan hidrogen peroksida ataupun campuran asam (Twyman, 2005 *dalam* Vera, 2011). Asam yang dipakai dalam proses destruksi pada penelitian ini adalah aqua regia yaitu, campuran HCL dan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 3:1. Sampel sedimen

yang sudah ditimbang 1 gr dan diberi aqua regia sebanyak 10 ml didestruksi dengan menggunakan microwave dengan suhu 160 °C selama  $\pm$  15 menit. Proses selanjutnya sampel disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no. 41. Tahapan terakhir sampel sedimen dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dengan panjang gelombang untuk logam berat Cu yaitu, 324. Adapun skema kerja dari analisis konsentrasi total logam berat Cu dapat dilihat pada Lampiran 1.

### 3.3.2 Analisis Bahan Organik Total (BOT)

Analisis bahan organik total dilakukan dengan menggunakan metode LOI (*Loss On Ignition*) berdasarkan APHA (1992). Metode LOI ini merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam menganalisis BOT dan mineral karbon yang ada pada sedimen. Kelebihan dari pada metode ini yaitu, sangat mudah untuk dilakukan di laboratorium (Santisteban *et al.*, 2004). Menurut Arifin dan Fadhlina. (2010), analisis BOT dengan menggunakan metode LOI dilakukan secara bertahap. Langkah pertaman adalah menghilangkan kadar air yang ada dalam sedimen dengan cara di oven selama 24 jam dengan suhu 60 °C. Selanjutnya dilakukan pengabuan untuk menghilangkan bahan organik yang teroksidasi (fraksi *volatile*) dengan cara memanaskan sampel pada suhu 500 °C selama 4 jam dengan menggunakan tanur. Adapun tahapan Pengukuran dan Perhitungan bahan organik total dapat dilihat pada Lampiran 2.

### 3.3.3 Analisis Ukuran Butiran Sedimen.

Analisis ukuran butiran sedimen dalam penelitian kali ini menggunakan metode ayakan basah berdasarkan Wibowo (2011). Tahapan pertama dalam analisis ini yaitu, sampel sedimen dipanaskan dengan menggunakan oven dengan suhu 80 °C kemudian ditimbang. Proses selanjutnya yaitu, pengayakan dimana sampel sedimen yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian

dilarutkan dalam aquades. Sampel sedimen yang sudah dilarutkan dituangkan pada ayakan paling atas kemudian disemprot dengan air. Sedimen yang tertahan pada setiap ayakan kemudian dimasukan ke dalam *tray* yang telah diberi label. Adapun skema kerja analisis tekstur sedimen dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 3. Setelah diketahui ukuran butiran sedimennya maka untuk mengetahui tipe substrat yang mendominasi di setiap titik pengambilan sampel dilakukan klasifikasi ukuran butiran sedimen dengan menggunakan segitiga *shepard*.

### 3.3.4 Analisis Fraksinasi Logam Berat Dalam Sedimen.

Analisis fraksinasi logam berat dalam sedimen pada kali ini menggunakan metode *Community Bureau of Reference (BCR)*. Proses analisis fraksinasi logam berat dengan menggunakan metode ini akan menghasilkan 4 fraksi yaitu, fraksi *Acid soluble, Reducible, Oxidizable, dan Residual*. Analisis ini dilakukan secara bertahap, sampel sedimen yang sudah dikeringkan dengan suhu 105 °C selama 24 jam dihaluskan dengan mortal dan alu, lalu ditimbang sebanyak 1 gram dan diberi reagen. Setelah pemberian reagen, sampel sedimen di-*shaker* dan di-sentrifus. Pengukuran kadar logam berat pada setiap fraksinya dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*). Adapun skema kerja dari analisis fraksinasi logam berat dalam sedimen dengan menggunakan metode *Community Bureau of Reference (BCR)* dapat dilihat pada Lampiran 4 dan 5.

### 3.4 Analisis Data

Data yang didapatkan dalam penelitian ini di analisis dengan menggunakan uji normalitas dan uji kolerasi. Sebelum dilakukan proses analisis korelasi antara setiap fraksi dengan ukuran sedimen untuk mengetahui apakah metode korelasi yang akan digunakan merupakan salah satu cara yang benar

dan mengurangi penyimpang dalam analisis ini maka dilakukan uji normalitas dengan menggunakan metode uji Kolmogorov-Smirnov. Mengetahui data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak diperlukan uji normalitas, sehingga kita dapat memastikan apakah data tersebut dapat digunakan dalam statistik parametrik (Kabasarang *et al.*, 2012). Setelah dilakukan uji normalitas analisis data dilanjutkan dengan melakukan uji korelasi.

Kolerasi biasa digunakan dalam statistik penelitian yang berfungsi untuk mendapatkan bukti validitas dan reliabilitas. Selain dari pada itu korelasi digunakan untuk mengetahui suatu hubungan antara dua variabel atau lebih (Goodwin, 2006; Shaban.2005). Uji korelasi yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara BOT dan ukuran butiran sedimen dengan karakteristik geokimia logam berat Cu dalam sedimen laut. Jenis uji kolerasi yang dipakai adalah uji kolerasi Pearson's, yang memiliki rumus yaitu sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X) (\sum Y)}{\sqrt{\left( n \sum (X)^2 - (\sum X)^2 \right) \left( n \sum (Y)^2 - (\sum Y)^2 \right)}}$$

Keterangan :

r = Koefesien Korelasi Pearson      X = Variabel 1

n = Jumlah Sampel                      Y = Variable 2

Analisis selanjutnya, yaitu analisis secara deskriptif berfungsi untuk menjelaskan hasil yang diperoleh dari analisis konsentrasi total logam berat Cu, *Total organic matter*, analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen dan hasil analisis uji kolerasi.

### 3.5 Validasi Metode Analisis Fraksinasi dan Konsetrasi Total Logam Berat

#### Cu di Perairan Teluk Jakarta.

Validasi metode analisis fraksinasi dan analisis konsentrasi total logam berat Cu di perairan Teluk Jakarta dilakukan dengan menggunakan *Certified Raw Material (CRM) PACS 2* dan uji duplikasi pada beberapa sampel. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah metode yang digunakan sudah benar dan ada tidaknya kontaminasi dalam proses pengerjaan sampel sedimen. Menurut Harmita (2004) untuk membuktikan bahwa prosedur yang digunakan tersebut sudah memenuhi persyaratan dalam tindakan penilaian terhadap parameter tertentu berdasarkan percobaan laboratorium, hal ini disebut dengan validasi metode. Adapun proses validasi data dapat dilihat pada Lampiran 5.

Penentuan apakah suatu metode sudah dikatakan benar atau baik digunakan dapat dilihat dari akurasi yang didapat. Akurasi yang baik dinyatakan dengan nilai *recovery*. Menurut Rodiana *et al.* (2013) suatu ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya dan dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*Recovery*). Akurasi suatu metode dikatakan sangat baik apabila nilai *recovery* yang di dapat, yaitu 100 %. Adapun rumus akurasi untuk mendapatkan nilai *recovery* adalah sebagai berikut.

$$\% \text{akurasi} = \frac{x}{u} \times 100$$

Keterangan :

X = Rerata hasil pengujian

U = nilai benar atau nilai acuan CRM.

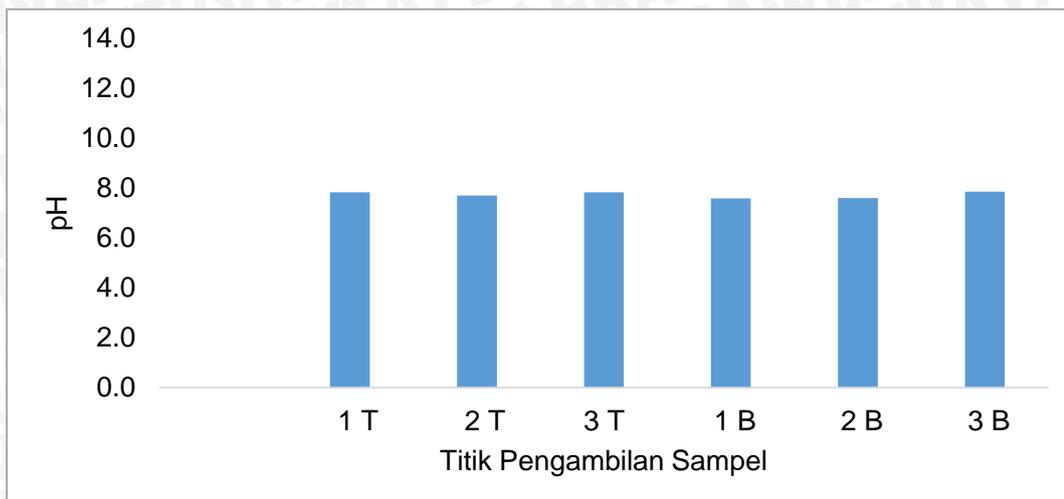
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kualitas Perairan Teluk Jakarta

Parameter kualitas perairan Teluk Jakarta dalam penelitian kali ini adalah pH, suhu, salinitas, DO dan turbiditas, dimana ke lima parameter ini memiliki pengaruh terhadap konsentrasi logam berat dalam sedimen. Daya racun logam kesadahan, temperature dan salinitas (Rochyatun *et al.*, 2007). Adapun hasil dan pembahasan mengenai masing – masing parameter lingkungan tersebut adalah sebagai berikut :

#### 4.1.1 pH ( Derajat Keasaman)

pH merupakan ukuran dalam mengukur sifat asam dan basah dari suatu larutan, dimana pH rendah menunjukkan suatu larutan bersifat asam dan sebaliknya larutan bersifat basah apabila pH tinggi. Kisaran sifat asam dan basah suatu larutan ditunjukkan dengan nilai pH 0–14. Suatu larutan dikatakan netral jika memiliki nilai pH yaitu, 7 (Sanusi dan Putranto, 2009). Secara umum air laut memiliki pH antara 7,6–8,3 dimana air laut bersifat basah. Nilai pH pada air laut dapat mengalami penurunan dalam kondisi tertentu, dimana perubahan tersebut dapat mempengaruhi kualitas perairan yang pada akhirnya akan berdampak pada bagi kehidupan biota (Safitri dan Putri, 2013). Nilai pH pada ke enam titik di kedua stasiun Barat dan Timur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai pH Stasiun Timur dan Barat

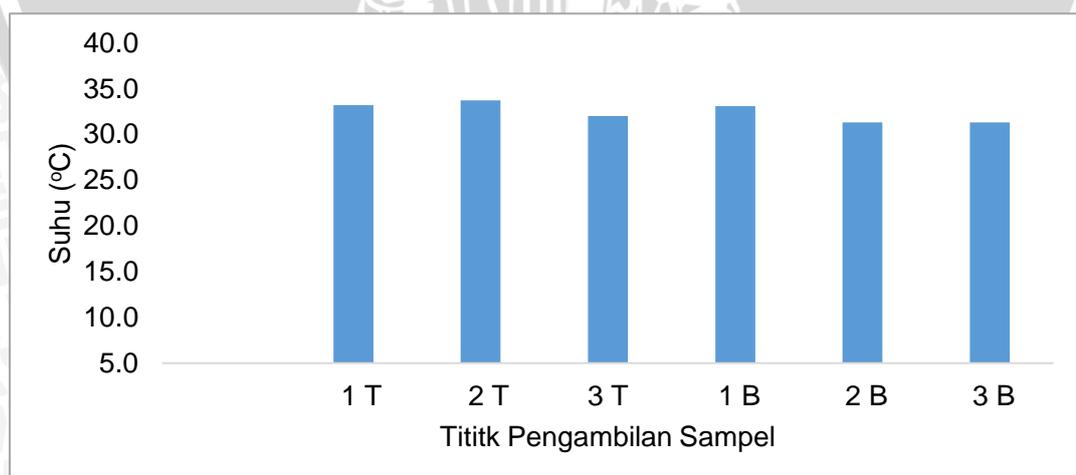
Nilai pH yang di dapat pada kedua stasiun baik Timur dan Barat berada pada kisaran 7,6–7,9, dimana pH air laut pada lokasi penelitian bersifat basah. Titik pengambilan sampel pada Stasiun Timur mengalami penurunan pada titik 1T ke 2T dan kembali naik pada titik 3T sedangkan pada titik yang berada di Stasiun Barat memiliki nilai pH yang stabil pada titik 1B dan 2B tetapi mengalami peningkatan pada titik 3B. Adanya perubahan nilai pH pada kedua stasiun di setiap titiknya masih tetap menunjukkan bahwa nilai pH di lokasi penelitian masih relatif stabil. Menurut Boyd (1990) dalam Susilowati *et al* (2012) suatu perairan laut dikatakan memiliki pH yang stabil apabila berada pada kisaran 7,7–8,4. Apabila nilai rata-rata yang diperoleh pada stasiun Timur dan Barat dimana didapatkan nilai sebesar 7,8 dan 7,7 dibandingkan dengan nilai baku mutu air laut untuk biota laut yang dikeluarkan oleh KEMLH No 51 Tahun 2004 nilai pH pada kedua lokasi penelitian masih berada dalam batas aman, dimana untuk nilai pH yang ditetapkan yaitu sebesar 7–8,5.

Keberadan pH di perairan juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut yaitu, alkalinitas, konsentrasi DIC (*Dissolved Inorganic Carbon*) dan temperatur. Dari ketiga faktor tersebut alkalinitas merupakan faktor yang memiliki pengaruh cukup besar dalam keberadan pH, dimana semakin

tinggi pH maka nilai alkalinitas semakin tinggi dan kadar karbondioksida yang bebas semakin rendah (Mackereth *et al.*, 1989 dalam Saftri dan Putri, 2013). pH dalam perairan laut juga dapat mempengaruhi keberadaan logam berat baik dalam sedimen maupun kolom air, dimana apabila pH air laut rendah maka konsentrasi logam berat semakin tinggi. Menurut Syakti *et al* (2012), nilai pH yang rendah (asam) pada suatu perairan menyebabkan kelarutan logam berat lebih tinggi. Hal ini disebabkan terjadinya proses transfer dari fase *solid* menjadi fase *liquid* yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi ion logam bebas dalam air. Sebaliknya pH tinggi atau basah akan membuat penurunan kelarutan logam berat.

#### 4.1.2 Suhu (Temperatur)

Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang dapat dijadikan indikator kualitas perairan laut. Suhu yang diperoleh pada Stasiun Barat memiliki kisaran 31,3–33,1 °C dengan nilai rata-rata sebesar 31,9 °C, sedangkan di Stasiun Timur kisaran suhu yang didapat, yaitu 32,03–33,7 °C dan nilai rata-rata yang didapat yaitu sebesar 32,9 °C . Adapun hasil dari masing-masing titik pada kedua stasiun dapat dilihat pada Gambar 5 yang ada di bawah ini.



Gambar 5. Nilai Suhu Stasiun Timur dan Barat

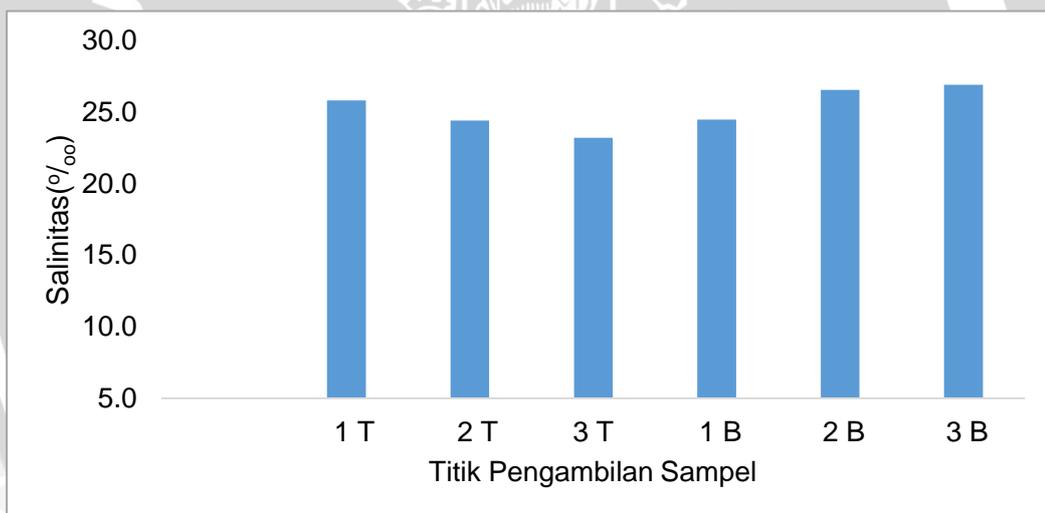
Hasil grafik diatas menunjukan bahwa pada Stasiun Timur terjadi perubahan berupa kenaikan dan penurunan suhu di setiap titiknya, sedangkan di Stasiun Barat suhu mengalami penurunan yang kemudian suhu stabil pada titik 2B dan 3B. Perbedaan nilai suhu di lokasi penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi suhu di laut. Faktor-faktor tersebut, yaitu presipitasi, evaporasi, kecepatan angin dan intensitas cahaya yang masuk. McPhaden and Hayes (1991) menjelaskan proses evaporasi akan meningkatkan suhu lapisan permukaan hingga kedalaman 10 m sebesar  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan sebesar  $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada kedalaman 10–75 m. Proses presipitasi akan menurunkan suhu akibat curah hujan yang masuk ke dalam perairan. Nilai rata-rata suhu yang didapat pada stasiun Timur dan Barat yaitu sebesar  $32,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $31,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut dari KEMLH No 51 Tahun 2004 yang menyatakan bahwa suhu aman untuk biota laut yaitu alami, dimana menyesuaikan kondisi normal lingkungan yang bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim), sedangkan Menurut Romimohtarto (2009) lingkungan laut memiliki suhu alami berkisar antara  $0,3\text{--}33^{\circ}\text{C}$ . Dapat diketahui bahwa nilai suhu di setiap titik pada masing-masing stasiun berada dalam nilai yang aman.

Suhu memiliki hubungan dan berpengaruh dalam keberadaan konsentrasi logam berat yang ada di perairan. Perubahan suhu yang terjadi di perairan laut akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan reaksi kimia logam berat, dimana setiap kenaikan suhu 10x akan membuat kecepatan reaksi kimia meningkat sebanyak 2x lipat. Toksisitas logam berat terhadap biota juga dipengaruhi oleh suhu. Peningkatan suhu yang terjadi akan membuat pemasukan logam berat dalam tubuh biota akan meningkat dan juga reaksi logam berat dan protein yang membentuk sebuah ikatan akan semakin cepat terbentuk. Oleh karena itu suhu memiliki peranan penting dalam mengetahui

konsentrasi logam berat dalam perairan laut (John dan Joe, 1995 dalam Syakti *et al.*, 2012).

#### 4.1.3 Salinitas.

Kandungan garam dalam suatu perairan digambarkan oleh salinitas dan dinyatakan dalam satuan gr/kg atau promil (‰). Salinitas di perairan laut disebabkan karena adanya tujuh ion utama, yaitu natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), klor (Cl), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) (Effendi, 2003 dalam Makmur *et al.*, 2013). Nilai salinitas yang didapat dari kedua stasiun baik Timur dan Barat di masing–masing titik dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Nilai Salinitas Stasiun Timur dan Barat

yang ada di bawah ini.

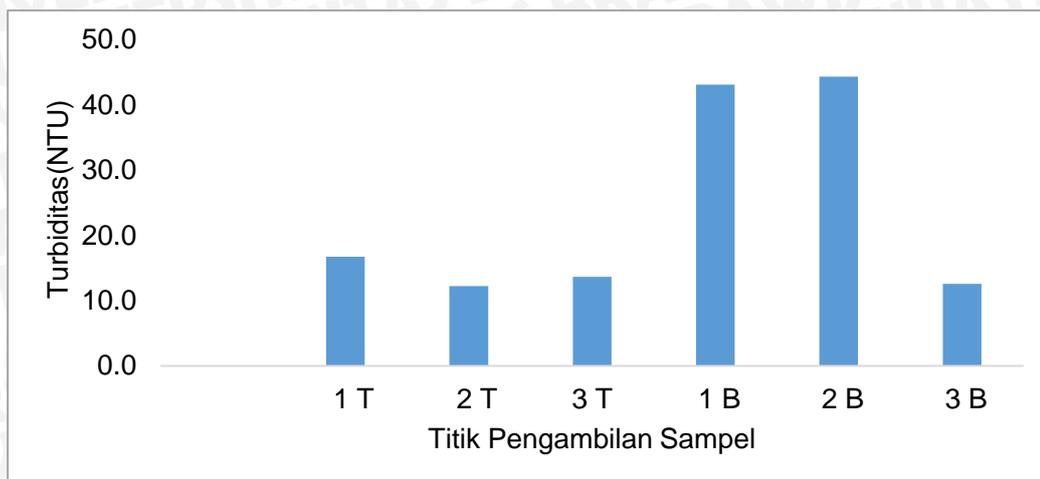
Grafik diatas menjelaskan bahwa nilai salinitas pada titik yang ada di stasiun Timur berkisar antara 23,2–25,8 ‰ dengan nilai rata–rata sebesar 24,4‰, dimana salinitas terbesar berada pada titik 1T dan sebaliknya titik 3T memiliki nilai salinitas terkecil. Stasiun Barat nilai salinitas di setiap titiknya berkisar antara 24,5–26,9 ‰ dengan nilai rata–rata sebesar 25,9 ‰. Nilai terbesar terdapat pada titik 3B dan terkecil berada pada titik 1B. Perbedaan nilai

salinitas pada setiap titiknya dapat dipengaruhi oleh jaraknya dengan aliran sungai, musim dan lain-lain. Menurut Patty (2013) fluktuasi salinitas baik dalam skala besar maupun kecil dipengaruhi oleh pola sirkulasi air, penguapan curah hujan dan adanya aliran sungai. Nilai salinitas berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut dari KEMLH No 51 Tahun 2004 diketahui berkisar antara 30–34 ‰. Berdasarkan Romimohtarto dan Thayib (1982) dalam Patty (2013) nilai salinitas untuk daerah pesisir berkisar antar 32–34 ‰ dan 33–37‰ untuk laut terbuka. Apabila nilai rata-rata dari stasiun Timur dan Barat dibandingkan dengan baku mutu KEMLH No 51 Tahun 2004 dan dilihat dari literatur pembandingan, dapat diketahui bahwa nilai salinitas di kedua Stasiun penelitian ini berada di bawah baku mutu.

Salinitas juga memiliki pengaruh dalam konsentrasi logam berat Cu di perairan laut. Apabila terjadi penurunan salinitas membuat agen pengompleks di perairan yaitu  $Cl^-$  mengalami penurunan sehingga logam berat akan lebih banyak dalam bentuk ion bebas dari pada ion kompleks dan mudah masuk ke dalam tubuh biota. Logam berat dalam bentuk ion bebas lebih mudah terlarut dari pada logam berat dalam bentuk ion kompleks, sehingga logam lebih berbahaya (Syakti *et al.*, 2012).

#### 4.1.4 Turbiditas

Turbiditas atau yang sering disebut dengan kekeruhan air, merupakan parameter fisika yang dapat menentukan kualitas perairan. Turbiditas terjadi karena adanya partikel yang tersuspensi atau terlarut dalam perairan yang menghamburkan cahaya sehingga perairan tersebut menjadi keruh atau tidak jernih (Minnesota Pollution Control Agency, 2008). Nilai turbiditas yang didapat pada setiap titik di masing-masing stasiun baik stasiun Timur dan Barat dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Turbiditas Stasiun Timur dan Barat

Berdasarkan data yang didapat diketahui kisaran nilai turbiditas pada titik yang ada pada Stasiun Timur, yaitu berkisar antara 12,3–16,7 NTU dengan nilai rata-rata yang didapat yaitu sebesar 14,2 NTU, dimana nilai turbiditas terkecil berada pada titik 2T dan nilai terbesar pada titik 1T. Nilai turbiditas di titik yang ada di Stasiun Barat berkisar antara 12,6–44,4 NTU dengan nilai rata-rata yang didapat yaitu sebesar 33,3 NTU, dan terbesar dan terkecil berada ada pada titik 2B dan 3B. Apabila dilihat secara umum nilai turbiditas tertinggi terdapat pada titik lokasi penelitian yang dekat dengan daratan dari pada titik yang mengarah ke laut lepas. Menurut Santoso (2005) turbiditas pada daerah pantai lebih tinggi dari pada daerah lepas pantai, dimana kisaran nilai turbiditas untuk daerah pantai yaitu 0,11–4,25 NTU sedangkan untuk lepas pantai, yaitu berkisar antara 0,11–4,18 NTU.

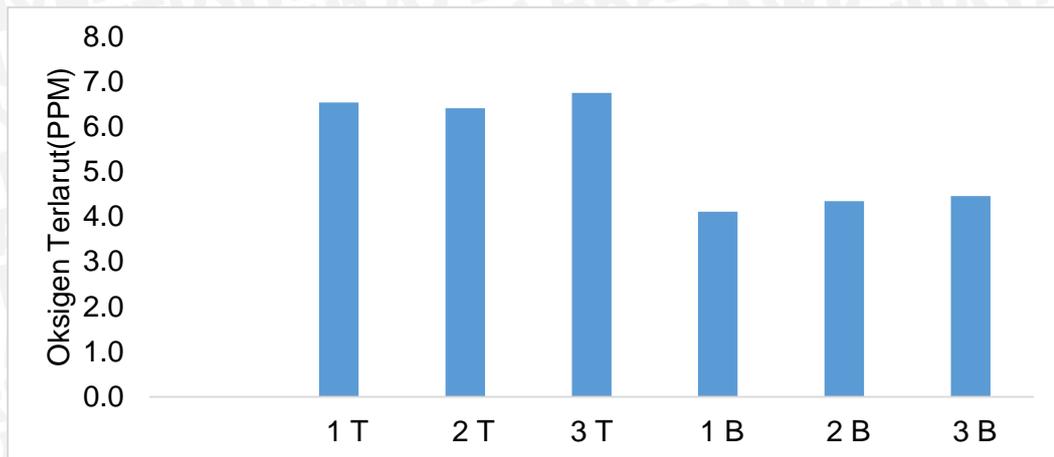
Penyebab tingginya nilai turbiditas di daerah pantai dapat disebabkan karena adanya *run-off* dari air sungai dan juga topografi kedalaman pantai yang relatif dangkal yang membuat massa air mudah untuk teraduk oleh angin dan arus. Pengaruh lainnya yang diduga mempengaruhi nilai turbiditas pada setiap titik di masing-masing stasiun dapat disebabkan karena pengaruh curah hujan yang tinggi, proses erosi yang terjadi disekitarnya dan juga adanya aliran arus

yang cukup tinggi yang dapat menyebabkan proses pengadukan dimana bahan-bahan organik dan anorganik yang ada di dasar perairan menjadi terangkat dan perairan menjadi keruh. *Minnesota Pollution Control Agency* (2008) sumber kekeruhan yang terjadi di lingkungan laut dibagi menjadi dua, yaitu akibat proses alami dan kegiatan manusia. Sumber alami dapat berupa erosi, aliran sungai sedangkan yang berasal dari kegiatan manusia dapat berupa buangan limbah manusia yang masuk ke dalam perairan melalui sungai.

Berdasarkan nilai rata-rata yang didapat di stasiun Timur dan Barat dimana nilai yang didapat yaitu sebesar 14,2 NTU dan 33,3 NTU yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut dari KEMLH No 51 Tahun 2004. Nilai turbiditas atau kekeruhan pada kedua stasiun penelitian sudah melewati nilai baku mutu, dimana nilai yang ditetapkan untuk kekeruhan yaitu sebesar  $< 5$ .

#### **4.1.5 DO (Oksigen Terlarut)**

Hasil data oksigen terlarut pada titik pengambilan sampel baik di Stasiun Timur maupun Barat memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai DO di Stasiun Timur memiliki kisaran 6,4–6,8 ppm dengan rata-rata, yaitu sebesar 6,5 ppm sedangkan untuk kisaran DO di Stasiun Barat, yaitu berkisar antara 4,1–4,5 ppm dan rata-rata, yaitu sebesar 4,3 ppm. Adapun nilai oksigen terlarut disetiap titiknya dapat dilihat pada Gambar 8 yang ada di bawah ini.



Gambar 8. Nilai DO Stasiun Timur dan Barat

Secara umum nilai DO pada masing-masing stasiun mengalami kenaikan, hanya pada titik yang berada di stasiun Timur saja yang mengalami penurunan kemudian naik. Apabila dibandingkan hasil DO di kedua stasiun nilai oksigen terlarut di Stasiun barat lebih kecil dari pada di Stasiun timur. Hal ini diduga berhubungan dengan nilai kekeruhan pada setiap stasiunnya, dimana Stasiun Timur memiliki rata kekeruhan sebesar 14,2 NTU sedangkan di Stasiun Barat, sebesar 33,3 NTU. Menurut Simanjuntak (2007) tinggi rendahnya nilai oksigen terlarut di suatu wilayah dapat dipengaruhi oleh kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi menyebabkan kurangnya sinar matahari pada suatu perairan dan mengganggu proses fotosintesis maupun difusi oksigen dari udara ke dalam perairan. Nilai rata-rata kadar oksigen terlarut pada kedua stasiun ini apabila dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota dari KEMLH No 51 Tahun 2004 dimana nilai DO diperbolehkan lebih dari 5. Dengan demikian nilai oksigen terlarut semua titik yang berada di stasiun Barat dan Timur termasuk ke dalam kategori aman.

Oksigen terlarut sendiri memiliki pengaruh terhadap konsentrasi logam berat dalam perairan laut. Daya larut logam berat dalam perairan tinggi atau rendah bergantung pada kondisi lingkungan tersebut. Logam berat seperti Cu,

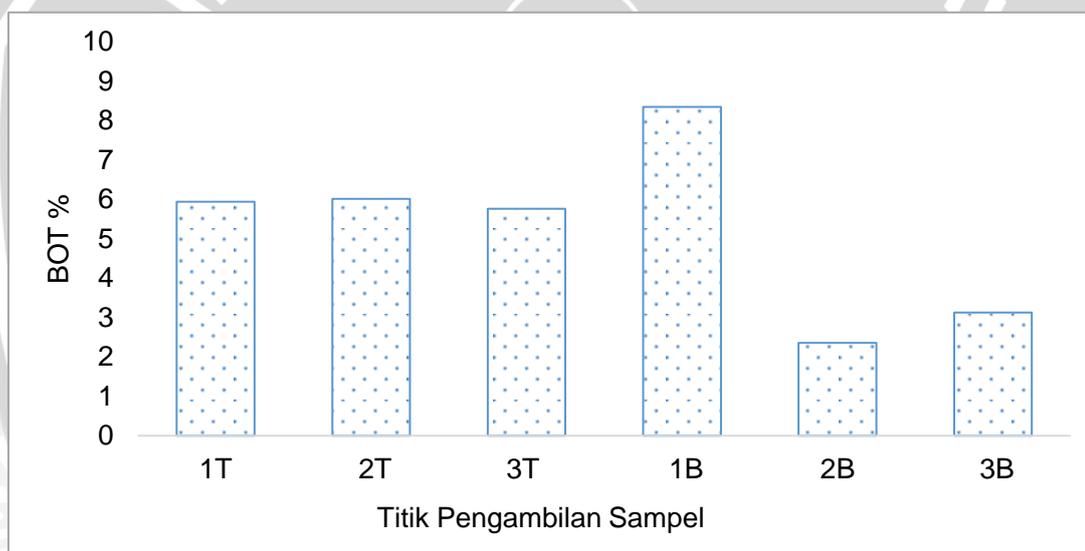
Cd, Zn, Pb, Hg dan Ag dalam kondisi yang anoksi dan kandungan oksigen yang rendah akan sulit untuk terlarut dalam perairan (Ramlal, 1987 dalam Rachmawatie *et al*, 2009). Menurut Syakti *et al* (2012) oksigen terlarut tinggi akan meningkatkan logam berat dalam bentuk ion-ion bebas yang terlarut dalam air laut sedangkan kondisi oksigen terlarut yang rendah akan membuat kelarutan logam berat dalam kolom air semakin kecil dan logam berat lebih banyak dalam bentuk ion kompleks sehingga banyak mengendap pada sedimen laut.

#### 4.2 Bahan Organik Total dalam Sedimen Perairan Teluk Jakarta

Bahan organik total merupakan salah satu parameter penting dalam sedimen, hal ini dikarenakan bahan organik menjadi sumber makanan utama untuk organisme bentik dan merupakan faktor penting dalam penentuan komposisi organisme bentik di perairan laut. Jumlah bahan organik di perairan laut akan mempengaruhi bentuk kontaminan (logam berat, PHA, PCB dan lainnya) dalam sedimen. Sedimen dengan jumlah bahan organik yang besar secara umum kontaminannya akan berbentuk partikulat sedangkan sedimen dengan jumlah bahan organik yang cukup kecil memiliki kemungkinan kontaminan berbentuk terlarut dan menyebabkan keberadaan kontaminan lebih besar pada kolom air dari pada dalam sedimen (Trannum *et al.*, 2006).

Bahan organik di perairan laut di bagi menjadi 2 yaitu bahan organik yang terlarut dan tidak terlarut. Bahan organik yang terlarut dapat bersumber dari daratan dimana bahan organik terangkut ke perairan laut melalui angin dan sungai, penguraian organisme mati oleh bakteri, hasil metabolisme alga terutama fitoplankton dan ekskresi zooplanton dan binatang laut lainnya. Bahan organik yang tidak terlarut dalam perairan laut dapat bersumber dari hasil agregasi dan pengendapan *dissolved organic matter* dari laut dan lain-lain (Mulya, 2002).

Berdasarkan analisis bahan organik total dalam sedimen perairan Teluk Jakarta pada Stasiun Timur dan Barat dalam penelitian ini menghasilkan persentase BOT berkisar antara 2,3–8,3 %. Diketahui untuk setiap titik 1T, 2T dan 3T yang termasuk ke dalam Stasiun Timur didapatkan hasil, yaitu 5,9 %, 6 % dan 5,8 % dimana hasil yang didapat pada ketiga titik tersebut tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Titik 1B, 2B dan 3B yang termasuk ke dalam Stasiun Barat menghasilkan persentase logam berat sebesar 8,3 %, 2,3 % dan 3,1%. Ketiga titik yang berada di Stasiun Barat memiliki nilai kisaran variasi yang cukup tinggi, dimana hasil BOT terkecil berada di titik 2B dan hasil terbesar terdapat di titik 1B. Adapun hasil BOT dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Bahan Organik Total

Terdapatnya perbedaan hasil dari analisis BOT yang di dapat pada setiap titik lokasi khususnya yang berada di Stasiun Barat dapat disebabkan beberapa faktor, yaitu ukuran butiran, masukan dari darat dan proses pengadukan yang terjadi di perairan tersebut. Titik lokasi 1B jenis butiran sedimen yang mendominasi adalah lumpur berpasir sedangkan untuk titik lokasi 2B dan 3B jenis butiran yang mendominasi adalah pasir. Hal ini yang dapat membuat BOT pada ketiga titik yang berada di Stasiun Barat mengalami perbedaan yang cukup

tinggi sedangkan untuk ketiga titik yang berada di Stasiun Timur jenis butiran sedimen yang mendominasi di seluruh titik adalah pasir berlumpur sehingga untuk BOT tidak mengalami perbedaan yang cukup tinggi pada setiap titiknya.

Bahan organik memiliki kaitan yang erat dengan ukuran butiran sedimen. Persentase ukuran butiran yang berbeda dalam sedimen perairan akan mempengaruhi besaran kandungan bahan organik yang berbeda pula. Sedimen dengan ukuran butiran yang lebih halus akan banyak mengikat bahan organik lebih banyak dari pada sedimen dengan ukuran yang lebih kasar (Maslukah, 2013). Selain itu bahan organik juga akan tinggi pada jenis sedimen lumpur (campuran *silt* dan *clay*) seperti pada titik 1B. Bahan organik juga memiliki hubungan dengan konsentrasi logam berat yang ada di perairan laut baik dalam kolom air maupun sedimen. Apabila jumlah bahan organik tinggi kemungkinan konsentrasi logam berat pun meningkat. Menurut Fukue *et al* (2006) dalam Edward (2014) meningkatnya konsentrasi logam berat dalam sedimen dapat disebabkan karena tingginya bahan organik pada sedimen tersebut. Pada penelitian Maskulah (2013) diketahui bahan organik yang ada di dalam sedimen yaitu sebesar 29,01 % dan 72,56 % sedangkan untuk nilai konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen yaitu sebesar 30,54 ppm dan 54,59 ppm, dalam penelitian ini diketahui bahwa terdapat hubungan antara kandungan logam berat Cu dengan bahan organik dalam sedimen dengan nilai korelasi sebesar 0.95, sehingga dapat disimpulkan bahwa bertambahnya bahan organik dalam sedimen akan membuat kandungan logam berat juga meningkat.

#### **4.3 Ukuran Butiran Sedimen di Perairan Teluk Jakarta**

Ukuran butiran sedimen di lokasi penelitian berdasarkan skala *Wenworth* dibagi menjadi 4 ukuran butiran sedimen, yaitu kerikil, pasir kasar, pasir halus dan lumpur dan dilanjutkan dengan klasifikasi *shepard* untuk mengetahui tipe

substrat di setiap titiknya. Adapun hasil persentase ukuran butiran sedimen dan tipe substrat pada setiap titiknya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Ukuran Butiran Sedimen

Stasiun	Kerikil	Pasir Kasar	Pasir Halus	Lumpur	Tipe Substrat
1B	1.25	8.64	41.90	48.20	Lumpur Berpasir
2B	0	4.38	95.02	0.59	Pasir
3B	0	2.15	94.81	3.04	Pasir
1T	1.22	1.67	70.23	26.88	Pasir Lumpur
2T	0.94	2.62	74.37	22.06	Pasir Lumpur
3T	1.46	1.84	75.79	20.91	Pasir Lumpur

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa tipe substrat pada titik penelitian di Stasiun Barat, yaitu lumpur berpasir pada titik 1B sedangkan titik 2B dan 3B didominasi oleh substrat pasir. Tipe substrat pada seluruh titik yang berada di Stasiun Timur di dominasi oleh tipe pasir lumpuran. Perbedaan tipe substrat yang mendominasi di Stasiun Barat dapat disebabkan karena titik 1B dekat dengan darat sedangkan titik 2B dan 3B mengarah ke arah laut lepas. Nugroho *et al.* (2014) menjelaskan bahwa perbedaan ukuran butiran sedimen dapat disebabkan oleh asal sumber sedimen. Ukuran butiran sedimen semakin halus apabila semakin ke arah dalam Teluk, sedangkan ukuran sedimen semakin kasar apabila berhadapan dengan laut lepas. Kondisi arus yang tidak stabil juga dapat menyebabkan perbedaan jenis sedimen yang mengendap. Menurut Arifin (2016) pola arus di perairan Teluk Jakarta bervariasi terhadap waktu. Pada bulan April 2014 kecepatan arus di perairan Teluk Jakarta, yaitu berkisar antara 0.001–0.296 m/detik dengan arah arus dominan menuju arah barat dan barat daya. Selain itu Stasiun Barat berada dekat dengan pulau reklamasi Teluk Jakarta hingga

memungkinkan adanya asupan pasir yang berasal dari kegiatan reklamasi tersebut. Mendominasinya tipe substrat pasir berlumpur di seluruh titik yang ada di Stasiun Timur dapat disebabkan karena berdekatan dengan beberapa muara sungai, seperti Muara Sungai Tawar dan Muara Sungai Cakung. Aritonang *et al* (2104) menjelaskan bahwa dominasi tipe substrat pasir berlumpur pada lokasi penelitian dapat sebabkan oleh masukan dari sungai atau daratan.

Ukuran butiran sedimen juga memiliki pengaruh dalam penyerapan logam Berat seperti Cu. Oleh karena itu analisis ukuran butiran sedimen di lokasi penelitian perlu dilakukan. Ukuran butiran yang lebih halus akan lebih banyak mengakumulasi logam berat lebih tinggi dibanding ukuran butiran sedimen yang lebih kasar. Menurut Munir (1994) *dalam* Sahara (2009) distribusi logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh peranan ukuran partikel. Kandungan logam berat seperti Cu dan Pb secara umum semakin besar apabila ukuran butiran sedimen semakin kecil. Pada sedimen yang halus kerapatan ion akan lebih stabil dalam mengikat logam berat dari pada sedimen yang lebih besar.

#### **4.4 Validasi Metode Analisis Fraksinasi dan Konsentrasi Total Logam**

##### **Berat Cu di Perairan Teluk Jakarta**

Berdasarkan hasil validasi metode yang dilakukan dengan menggunakan *Certified Raw Material (CRM) PACS 2* dimana dalam penelitian ini diambil sebanyak 3 sampel CRM yang masing-masing sampel memiliki berat 1 g. Adapun nilai *recovery* yang didapat dari ketiga sampel PACS 2 untuk analisis konsentrasi logam berat Cu dan analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6 di bawah ini.

Tabel 5. Nilai Recovery Metode CEM Microwave

NO	ID CRM	Nilai recovery	Standar CRM PACS 2 (Cu)
1	PACS 2A	92.4 %	310 ± 12
2	PACS 2B	93.3%	
3	PACS 2C	96.3%	

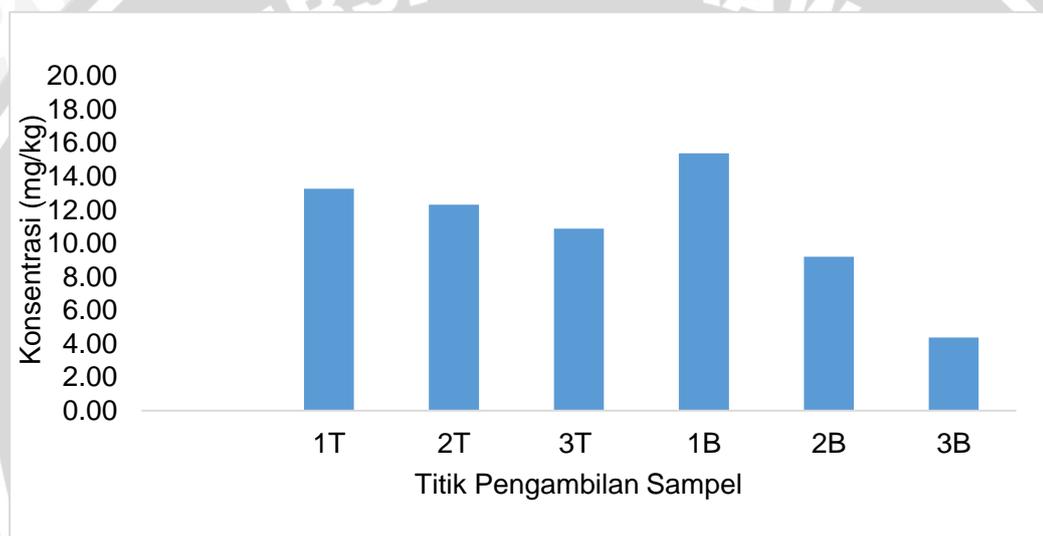
Tabel 6. Nilai Recovery Metode Fraksinasi 'BCR'

NO	ID CRM	Nilai recovery	Standar CRM PACS 2 (Cu)
1	PACS 2A	93%.	310 ± 12
2	PACS 2B	92%	
3	PACS 2C	86 %.	

Nilai *recovery* ketiga sampel CRM PACS 2 baik untuk analisis konsentrasi total logam berat Cu maupun analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen pada penelitian ini memiliki rata-rata persentase, yaitu 94 % dan 90 %. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak Lab. Logam Berat P20 LIPI diketahui bahwa standar nilai *recovery* dalam validasi metode yang akan digunakan yaitu sebesar 90–110%. Dalam penelitiannya, Belay *et al* (2014) menjelaskan bahwa nilai *recovery* yang didapat pada analisis logam berat pada sampel yaitu sebesar 92–103 % sedangkan Menurut Voica *et al* (2012) nilai *recovery* yang dibutuhkan untuk menentukan apakah metode tersebut aman digunakan ialah sebesar 90%. Apabila dilihat dari standar nilai *recovery* yang ditetapkan oleh pihak P20 LIPI dan literatur maka metode yang digunakan dalam penelitian ini sudah benar. Hal ini dikarenakan nilai *recovery* pada analisis konsentrasi total logam berat Cu dan analisis fraksinasi logam berat Cu dengan metode BCR sudah masuk ke dalam kisaran yang ditentukan.

#### 4.5 Konsentrasi Total Logam Berat Cu di Sedimen PerairanTeluk Jakarta

Analisis konsentrasi total logam berat tembaga (Cu) di sedimen perairan Teluk Jakarta ini menggunakan metode destruksi CEM *Microwave* yang kemudian dianalisis dengan menggunakan metode AAS. Hasil yang didapat dari keenam titik menunjukkan nilai konsentrasi yang bervariasi. Titik yang berada di Stasiun Barat memiliki rata-rata konsentrasi total logam berat sebesar 9,66 mg/kg dan untuk titik yang berada di Stasiun Timur sebesar 12,16 mg/kg. Adapun hasil konsentrasi total logam berat Cu pada setiap stasiun dapat dilihat



Gambar 10. Grafik Total Konsentrasi Logam Berat Cu

pada Gambar 10.

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa konsentrasi terkecil pada Stasiun Timur terdapat di titik 3T dan konsentrasi terbesar terdapat di titik 1T. Pada titik yang berada di Stasiun barat perairan Teluk Jakarta lokasi penelitian 3B merupakan titik yang menghasilkan konsentrasi logam berat terkecil sedangkan untuk titik 1B sebaliknya. Secara umum seluruh titik pengambilan sampel baik yang berasal dari Stasiun Barat maupun Timur Teluk Jakarta mengalami penurunan dari titik 1 ke titik 3. Penurunan kadar logam berat Cu ini dapat disebabkan karena pengambilan sampel di mulai dari titik yang dekat

dengan muara sungai atau darat hingga mengarah ke laut lepas. Menurut Garno (2001) terdapat peningkatan konsentrasi logam berat pada lingkungan perairan seiringan dengan kedekatan perairan tersebut dengan kawasan yang padat industri. Adanya kondisi seperti tersebut membuat konsentrasi logam berat lebih tinggi di muara dan pesisir daripada di lautan terbuka.

Dilihat dari nilai rata-rata konsentrasi logam berat Cu pada Stasiun Timur, lebih tinggi dari pada stasiun yang ada di Stasiun Barat. Perbedaan ini diduga dapat disebabkan karena pada Stasiun barat berdekatan dengan pulau reklamasi yang dapat menyebabkan berkurangnya masukan bahan pencemar seperti logam berat dan proses pengadukan. Pulau reklamasi dapat memberikan dampak negatif yaitu perubahan pola arus, kecepatan arus dan sedimentasi (Pujiraharjo *et al.*, 2013). Kecepatan arus dan pola arus yang berubah di suatu wilayah perairan akan mempengaruhi proses pengadukan bahan organik maupun anorganik.

Perairan Teluk Jakarta memiliki pola arus yang berbeda-beda pada saat pasang dan surut. Menurut Koropitan, (2005) penyebaran logam berat dalam kolom dapat dipengaruhi oleh pola arus. Perairan Teluk Jakarta sendiri memiliki pola arus pada saat pasang arus akan mengalir dari Timur ke Barat dan sebaliknya apabila pada saat surut. pola arus di perairan Teluk Jakarta bervariasi terhadap waktu. Pada bulan April 2014 kecepatan arus di perairan Teluk Jakarta, yaitu berkisar antara 0.001–0.296 m/detik dengan arah arus dominan menuju arah barat dan barat daya (Arifin, 2016). Hal ini yang diduga dapat mempengaruhi masukan logam berat dalam sedimen. Berdasarkan penelitian Maslukah (2013) dijelaskan bahwa terdapat perbedaan konsentrasi logam berat pada setiap stasiun dapat disebabkan oleh beberapa proses baik fisika, biologi maupun kimia. Apabila dilihat secara fisis proses yang sangat berpengaruh yaitu pengadukan dan pengendapan yang dipengaruhi oleh kecepatan arus dan

kedalaman perairan. Terjadinya perbedaan kadar logam berat yang terukur di setiap lokasi sampling juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut yaitu 1) sifat fisikokimia dari polutan (logam berat) dalam air laut, seperti pH, salinitas, redoks potensial dan lain-lain 2) proses transport yang terjadi dan 3) proses transformasi logam berat dalam air laut (Taftazani *et al.*, 2005; Haeruddin *et al.*, 2005).

Penelitian Rochyatun dan Rozak pada tahun 2003 menunjukkan konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta yang dibagi menjadi 3 bagian yaitu barat, tengah dan timur dimana masing-masing lokasi memiliki konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen yaitu sebesar 13,81–63,45 ppm, 7,34–40,26 ppm, dan 0,79–40,59 ppm. Konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen di perairan lainnya di Indonesia dapat dilihat dalam penelitian Edward pada tahun 2014 menjelaskan bahwa di perairan Teluk Wawobatu, Kendari, Sulawesi Tenggara kadar logam berat Cu dalam sedimen, yaitu berkisar antara 3,451–12,193 ppm dengan rerata 6,093 ppm. Apabila dilihat berdasarkan perbandingan data yang didapat dari penelitian terdahulu dapat dikatakan bahwa konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen di kedua lokasi penelitian kali ini lebih rendah di studi terdahulu.

Apabila nilai rata-rata stasiun Barat dan stasiun Timur, dibandingkan dengan baku mutu kadar logam berat dalam sedimen berdasarkan ANZECC/ARMCANZ (2000) yang dikeluarkan oleh pemerintah Australia dan Selandia Baru, diketahui bahwa konsentrasi logam berat Cu di Stasiun Barat dan Timur perairan Teluk Jakarta masih berada di bawah baku mutu. Hal ini dikarenakan dalam buku baku mutu ANZECC/ARMCANZ kadar logam berat untuk nilai kadar logam berat pada sedimen dibagi menjadi dua kategori, yaitu *ISQG-Low (Trigger value)* dan *ISQG High*. Nilai *ISQG-Low (Trigger value)* untuk logam berat Cu sebesar 50 mg/kg, dan untuk nilai *ISQG High*, 270 mg/kg. Dilihat dari nilai rata-

rata stasiun Barat dan stasiun Timur, yaitu sebesar 9.66 mg/kg dan 12.16 mg/kg dapat disimpulkan pula bahwa konsentrasi logam berat di kedua stasiun penelitian masih dalam kadar yang aman.

#### 4.6 Fraksinasi Logam Berat Cu di Perairan Teluk Jakarta

Analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta dengan menggunakan metode BCR menghasilkan 4 tipe fraksi yang dimana untuk setiap tipe memiliki konsentrasi yang berbeda-beda. Hasil yang didapat pada masing-masing fraksi di setiap titik di kedua stasiun dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8 sebagai berikut ;

Tabel 7. Hasil Analisis Fraksinasi di Stasiun Timur

Titik Sampling	Tipe Fraksinasi			
	% F1 ( <i>Acid soluble</i> )	% F2 ( <i>Reducible</i> )	% F3 ( <i>Oxidizable</i> )	% F4 ( <i>Residual</i> )
1 T	3.18	18.48	9.00	69.34
2 T	2.42	18.39	6.57	72.62
3 T	2.33	15.26	10.57	71.84
Rata – rata	2.64	17.37	8.71	71.26

Tabel 8. Hasil Analisis Fraksinasi di Stasiun Barat

Titik Sampling	Tipe Fraksinasi			
	% F1 ( <i>Acid soluble</i> )	% F2 ( <i>Reducible</i> )	% F3 ( <i>Oxidizable</i> )	% F4 ( <i>Residual</i> )
1 B	3.88	21.80	1.13	73.20
2 B	3.99	7.22	0.98	87.81
3 B	8.39	21.65	6.20	63.77
Rata – rata	5.42	16.89	2.77	74.92

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa baik pada titik pengambilan sampel yang ada di Stasiun Timur nilai fraksi *Residual* (F4) mendominasi di

setiap stasiunnya, dilanjutkan dengan fraksi *Reducible* (F2), kemudian fraksi *Oxidizable* (F3) dan fraksi yang paling sedikit mendominasi yaitu fraksi *Acid Soluble* (F1). Untuk di Stasiun Barat hampir sama dengan Stasiun Timur hanya fraksi *Acid Soluble* lebih banyak dari pada Fraksi *Oxidizable*. Mendominasinya fraksi *residual* dalam analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen ini juga dapat dilihat pada beberapa penelitian terdahulu. Sarkar *et al.* (2014) bahwa logam berat seperti Cr, Pb dan Zn lebih banyak berikatan dengan fraksi *Reducible*, *Residual*, dan *Oxidizable* sedangkan logam berat Cu lebih banyak berikatan dengan fraksi *Residual* dan *Oxidizable*. Jenis logam berat lainnya seperti Cd banyak berikatan dengan fraksi *Exchangeable*. Penelitian Afriansyah pada tahun 2009 di perairan Delta Berau, Kalimantan Timur menunjukkan bahwa fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen menghasilkan konsentrasi rata-rata Cu pada fraksi *Residual*, *Organic*, *Reducible* dan *Easy Reducible* adalah 91,46 %, 4,57 %, 1,94 % dan 1,03 % dan fraksi yang mendominasi adalah fraksi *residual*.

Pendugaan potensi ketersediaan logam berat dalam sedimen bagi biota juga dapat diketahui dari hasil analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen. Penentuan tersebut dapat dilihat dari nilai fraksi labil dan non labil yang didapat dalam proses analisis. Untuk mendapatkan nilai presentasi fraksi labil dilakukan proses penjumlahan dari fraksi *Acid Soluble*, *Reducible*, *Oxidizable* yang nantinya akan menghasilkan total besar nilai komponen labil (*Non Resistant*). Komponen labil juga dapat menunjukkan sumber logam berat Cu di suatu wilayah perairan dan bioavaibility logam berat Cu. Fraksi *residual* nantinya akan menghasilkan komponen non labil (*Resistant*). Badri dan Aston (1983) dalam Yap *et al* (2003) menjelaskan bahwa dalam penelitiannya penjumlahan fraksi *EFLE*, *Acid Reducible*, dan *Oxidizable Organic* disebut komponen *Non-Resistant*. Komponen ini berhubungan dengan masukan antropogenik sedangkan untuk komponen *Resistant* berhubungan dengan sumber yang berasal dari proses alam (*natural*

*origins*), yaitu pelapukan kristal silikat pada batuan. Penelitian ini menggunakan metode Fraksinasi yang berbeda dengan penelitian Yap *et al* (2003), tetapi untuk mengetahui komponen labil (*Non Resistant*) dan komponen non labil (*Resistant*) dilakukan cara yang sama yaitu dengan menjumlahkan fraksi–fraksi selain fraksi *residual*. Menurut Yap *et al* (2003) menjelaskan bahwa semua metode *Sequencing Extraction Technique* dapat digunakan untuk menentukan fraksi *Non Resistant* dari logam berat dimana fraksi tersebut berhubungan dengan kegiatan antropogenik. Analisis fraksinasi logam berat Cu kali ini menghasilkan komponen labil (*Non Resistant*) dan komponen non labil (*Resistant*) yang berbeda di setiap titiknya. Adapun persentase nilai dari kedua komponen tersebut pada setiap titiknya di masing–masing stasiun dapat dilihat pada Tabel 9 dan 10 yang ada di bawah ini ;

Tabel 9. Hasil Fraksi Labil dan Nonlabil di Stasiun Timur

Titik	Total Fraksi Labil (%)	Total Fraksi Non Labil (%)
1 T	30.66	69.34
2 T	27.38	72.62
3 T	28.16	71.84
Rata - rata	28.73	71.26

Tabel 10. Hasil Fraksi Labil dan Nonlabil di Stasiun Barat (%)

TITIK	Total Fraksi Labil (%)	Total Fraksi Non Labil (%)
1 B	26.80	73.20
2 B	12.19	87.81
3 B	36.23	63.77
Rata - rata	25.07	74.92

Tabel di atas menunjukkan bahwa pada setiap titik di kedua stasiun fraksi non labil lebih tinggi dari pada fraksi labil, dimana nilai persentase fraksi non labil terbesar yang terdapat di stasiun Timur berada di titik 2T dan nilai persentase

fraksi labil terbesar terdapat pada titik 1. Stasiun Barat titik 2B merupakan lokasi penelitian yang memiliki nilai persentase fraksi non labil terbesar dan titik 3B memiliki nilai persentase fraksi labil terbesar. Kisaran nilai konsentrasi Cu yang tersedia bagi biota sebesar 27,28–30,66 % di Stasiun Timur dan 12,19–36,23 % di Stasiun Barat. Hal ini menunjukkan adanya masukan antropogenik yang dapat mencemari perairan di Teluk Jakarta dan dapat membahayakan biota sekitar. Apabila di lihat dari keseluruhan hasil yang di dapat berdasarkan analisis fraksinasi logam berat Cu di perairan Teluk Jakarta logam berat Cu yang tersedia bagi biota di lokasi penelitian lebih banyak berasal dari alam. Hal ini berkaitan dengan nilai komponen non labil dan fraksi Residual yang tinggi disetiap stasiunnya.

Banyaknya konsentrasi logam berat Cu dalam fraksi non labil (Resistant) menunjukkan ketersediaan Cu bagi biota sangat kecil dari total konsentrasi Cu dalam sedimen dan faktor alami di alam mempengaruhi keberadaan Cu dalam fraksi non labil (Resistat) (Afriansyah, 2009). Logam berat yang memiliki ikatan dengan mineral silikat atau logam yang berasal dari sumber alami seperti pelapukan batuan dan dekomposisi dari hewan detritus terdapat dalam fraksi resistant (Badri dan Aston, 1983 dalam Fadhlina, 2008). Ketersediaan logam berat bagi biota pada umumnya tidak ada dalam fraksi resistant (John dan Leventhal, 1995 dalam Afriansyah, 2009).

Dilihat dari beberapa penelitiannya sebelumnya nilai fraksi non labil lebih besar dari pada fraksi labil di perairan Teluk Jakarta. Berdasarkan penelitian Takarina (2010) persentase logam berat Cu diperairan Teluk Jakarta dalam fraksi labil, yaitu sebesar 25 % sedangkan untuk fraksi non labil berkisar antara 50–65 %. Dijelaskan pula bahwa tingginya nilai Cu dalam fraksi non labil juga menunjukkan indikasi keberadaan logam berat Cu dalam sedimen cukup tinggi, tetapi kondisi ini masih relatif aman selama tidak adanya perubahan pH (pH

menjadi rendah) dan logam tetap terikat pada sedimen atau tidak terjadinya proses pelepasan kedalam kolom air. Nilai fraksi non labil dalam penelitian ini lebih tinggi dari pada penelitian yang dilakukan oleh Takarina yaitu berkisar antara 63–87.8 %. Hal ini dapat disebabkan karena jenis substrat yang ada berbeda, dimana akan memberi pengaruh terhadap konsentrasi logam berat Cu di setiap fraksinya. Selain itu peningkatan nilai fraksi non labil ini tidak dapat menunjukkan adanya penurunan pencemaran logam berat di lokasi pengambilan sampel. Hal ini dikarenakan titik sampling yang digunakan berbeda.

#### 4.7 Korelasi Antara Ukuran Butiran dengan Setiap Fraksi

Fraksinasi logam berat dalam sedimen memiliki beberapa keterkaitan dengan parameter lainnya, seperti ukuran butiran sedimen dan *total organic matter*. Sedimen dengan ukuran butiran yang sangat halus (< 63 mikron) secara umum merupakan *sink* (penyerap) kontaminan logam. Oleh karena itu antara konsentrasi logam berat dalam sedimen permukaan dengan ukuran butiran dapat menunjukkan korelasi positif yang signifikan (Fang & Wang 2006 dalam Arifin & Fadhlina, 2009). Korelasi antara ukuran butiran sedimen dengan setiap fraksi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan korelasi Pearson. Ukuran butiran sedimen yang digunakan untuk pembahasan dalam analisis korelasi Pearson adalah pasir halus. Hal ini dikarenakan pasir halus merupakan ukuran butiran sedimen yang paling mendominasi di setiap stasiunnya, Sedangkan untuk nilai korelasi pearson ukuran butiran sedimen lainnya dapat dilihat pada Lampiran 13. Sebelum dilakukan analisis korelasi pearson diperlukan analisis uji normalitas dengan menggunakan Kolmogorov-Smirnov. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang digunakan sudah berdistribusi normal atau tidak.

Berdasarkan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov diketahui bahwa data berdistribusi normal, hal ini dibuktikan dengan nilai signifikan pada masing –

masing fraksi lebih dari 0.05. Menurut Samsudin (2010) menjelaskan bahwa apabila nilai signifikan atau probabilitas diketahui  $>0.05$  maka data berdistribusi normal, sedangkan jika  $<0.05$  maka data tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu dapat dipastikan data yang dalam penelitian kali ini berdistribusi normal dan penggunaan metode korelasi pearson sudah benar (Hasanah, 2013). Hasil uji korelasi antara Pasir Halus dengan setiap fraksi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 11 yang ada di bawah ini.

Tabel 11. Hasil Korelasi Pasir Halus dengan Setiap Fraksi (F).

		Pasir halus %	Acid Soluble % (F1)	Reducible % (F2)	Oxidizable % (F3)	Residual % (F4)
Pasir halus %	Pearson Correlation	1	0.429	-0.513	0.14	0.158
	Sig. (2-tailed)		0.396	0.298	0.792	0.765
	N	6	6	6	6	6

Keterangan : N = Jumlah sampel.

Tabel korelasi di atas menunjukkan bahwa ukuran butiran sedimen yaitu pasir halus dengan setiap fraksi memiliki hubungan yang sangat lemah. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi yang di dapat dimana untuk hubungan pasir halus dengan fraksi *Acid soluble*, *Oxidizable* dan *Residual* memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,42, 0,14 dan 0,15. Hubungan fraksi *Reducible* dengan pasir halus memiliki nilai koefisien korelasi sebesar -0,51, dimana nilai tersebut menunjukkan hubungan yang cukup tetapi berhubungan secara terbalik, hal ini ditunjukkan dengan nilai yang didapat berupa koefisien negatif.

Nilai koefisien yang didapat dalam analisis korelasi pearson menunjukkan besaran hubungan antara variabel satu dengan variabel lainnya. Menurut Sarwono (2012) Kekuatan hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak di tunjukan oleh nilai koefisien korelasi yang didapat. Jika nilai suatu variabel X tinggi, dan nilai variabel Y akan tinggi pula dapat dikatakan bahwa

hubungan tersebut searah dan ditunjukkan dengan nilai koefisien positif. Tetapi jika nilai variabel X tinggi, dan nilai variabel Y menjadi rendah (dan sebaliknya) menunjukkan bahwa data tersebut berhubungan terbalik dan ditunjukkan dengan koefisien negatif. Nilai kekuatan hubungan antara dua variabel juga dapat diinterpretasi dengan kisaran nilai sebagai berikut.

Tabel 12. Kisaran Nilai Koefisien Korelasi

No	Interval	Keterangan
1	0	Tidak ada korelasi
2	$>0 - 0,25$	Korelasi sangat lemah
3	$>0 - 0,25$	Korelasi cukup
4	$>0,5 - 0,75$	Korelasi kuat
5	$>0,75 - 0,99$	Korelasi sangat kuat
6	1	Korelasi sempurna

Apabila dilihat dari nilai signifikan yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa antara pasir halus dan setiap fraksinya tidak menunjukkan nilai yang signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan kisaran nilai signifikan yang didapat setiap variabelnya, lebih besar dari 0,05. Nilai signifikan dalam hasil riset didapat  $< 0,05$  maka hubungan antara variabel x dengan y signifikan, sedangkan apabila nilai signifikan  $> 0,05$  maka hubungan antara variabel x dan y tidak signifikan (Sarwono, 2012). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa adanya hubungan yang sangat lemah tetapi tidak bersignifikan antara ukuran butiran pasir halus dengan setiap fraksinya. Tidak signifikannya dan sangat lemahnya nilai korelasi pearson pada data penelitian kali ini dapat disebabkan karena jumlah data yang kurang banyak untuk di analisis. Menurut Wulanningrum (2005) jumlah sampel yang semakin besar akan membuat semakin kecil nilai kritis yang akan dipakai sebagai acuan. Hal ini

membuat jumlah sampel yang di pakai akan sangat mempengaruhi hasil analisis korelasi.

#### 4.8 Korelasi Antara Bahan Organik Total dengan Setiap Fraksinya.

Analisis korelasi antara bahan organik total dengan setiap fraksi dilakukan dengan proses yang sama dengan korelasi antara ukuran butiran sedimen. Hasil uji normalitas diketahui bahwa nilai signifikan yang di dapat pada masing – masing fraksi, yaitu F1 sampai dengan F4 lebih dari 0,05. Hasil korelasi antara bahan organik total dengan setiap fraksi dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Korelasi Bahan Organik Total dengan Setiap Fraksi (F)

		BOT%	Acid Soluble % (F1)	Reducible % (F2)	Oxizidacible % (F3)	Residual % (F4)
BOT %	Pearson Correlation	1	-0,502	0,582	0,09	-0,299
	Sig. (2-tailed)		0,311	0,225	0,866	0,565
	N	6	6	6	6	6

Keterangan : N = Jumlah sampel.

Berdasarkan Tabel di atas diketahui bahwa nilai koefisin korelasi antara BOT dengan fraksi *Acid soluble*, dan *Residual* bernilai -0,502 dan -0,299, yang artinya hubungan kedua variabel untuk Acid soluble cukup kuat sedangkan untuk Residual sangat lemah dan berarah berbanding terbalik. Nilai koefisein korelasi antara Fraksi *Reducible dan Oxizidacible* menunjukan hubungan yang cukup kuat dan tidak berkorelasi dan berarah kearah yang searah. Hal ini ditunjukan dengan nilai yang di dapat, yaitu sebesar 0,582 dan 0,09. Apabila dilihat dari nilai signifikan yang didapat berada >0,05 yang artinya data diatas tidak memiliki hubungan yang signifikan. Korelasi antara BOT menunjukkan adanya hubungan antara variabel tersebut tetapi tidak secara signifikan. Hal ini juga dapat disebabkan karena jumlah data yang kurang sehingga tidak menghasilkan data yang berhubungan kuat dan signifikan.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Penelitian mengenai Analisis “Fraksinasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Laut Sebagai Alat Pendugaan Nilai Potensi Bioavailabilitas Di Perairan Teluk Jakarta” menghasilkan beberapa kesimpulan. Adapun kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut ;

1. Hasil karakteristik geokimia dalam analisis fraksinasi logam berat Cu pada sedimen dengan menggunakan metode BCR di lokasi penelitian diketahui bahwa tipe fraksi yang mendominasi di Stasiun Timur, yaitu fraksi Residual, dilanjutkan dengan fraksi Reducible, dan fraksi Oxidizable sedangkan fraksi yang paling sedikit mendominasi yaitu fraksi Acid Soluble. Untuk di Stasiun Barat hampir sama dengan di Stasiun Timur hanya fraksi Acid Soluble lebih banyak dari pada fraksi Oxidizable.
2. Nilai rata-rata fraksi labil di Stasiun Timur dan Barat, sebesar 28,73% dan 25,07% menunjukkan bahwa masukan masukan logam berat Cu di Teluk Jakarta berasal dari kegiatan antropogenik yang sebesar apapun presentase fraksi labil yang dihasilkan tetap perlu di waspadai sebagai potensi pencemar.
3. Tingginya nilai fraksi non labil disetiap titik di masing-masing stasiun menunjukkan bahwa sumber logam berat Cu pada lokasi penelitian lebih banyak berasal dari alam. Tingginya nilai kadar logam berat yang berasal dari fraksi *Residual* juga patut di waspadai karena dapat berdampak negatif dan mencemari perairan tersebut.
4. Hubungan antara ukuran butiran sedimen, BOT dengan setiap Fraksi pada penelitian kali ini menunjukkan hubungan yang tidak signifikan, atau

ukuran butiran sedimen dan BOT tidak mempengaruhi keberadaan logam berat dalam tiap fraksinya.

## 5.2 Saran

Penelitian kali ini masih memiliki banyak kekurangan seperti tidak adanya data mengenai logam berat dalam air, biota dan lain – lain, oleh karena itu penulis menyarankan dalam penelitian selanjutnya diperlukan analisis logam berat dalam air dan biota sehingga dapat diketahui hubungan antara fraksinasi logam berat Cu pada sedimen dengan logam berat Cu yang ada pada biota, hal ini perlukan dikarenakan dapat menghasilkan data yang lebih valid dalam penentuan potensi *bioavaibility* logam berat Cu.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, A. 2009. Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Air, Seston, Kerang dan Fraksinasinya dalam Sedimen di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- ANZECC. 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality: National Water Quality Management Strategy. Volume 1.
- APHA. 1992. Standar Method For The Examination Of Water and Waste Water. 18<sup>th</sup> Edition. Washington, D.C: Americn Public Healty Association.
- Arifin, T. 2016. Kajian Dampak Pembangunan Tanggul Laut Teluk Jakarta (Jakarta Giant Seawall) Terhadap Sumberdaya Laut dan Pesisir. BALITBANGKP. [http://www. balitbangkp.kkp.go.id/](http://www.balitbangkp.kkp.go.id/). Diakses tanggal 10 Agustus 2016.
- Arifin, Z., dan D. Fadhlina. 2009. Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. *Ilmu Kelautan*. Vol. 14 (1), pp. 27-32.
- Aritonang, A., H. Surbakti., dan Anna Ida Sunaryo Purwiyanto. 2014. Laju Pengendapan Sedimen di Pulau Anakan Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. Vol. 6 (2), pp.10.
- Belay, K., A. Tadesse., dan T. Kebede. 2014. Validation of a Method for Determining Heavy Metals in Some Ethiopian Spices By Dry Ashing Using Atomic Absorption Spectroscopy. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 5 (4), pp. 327-332.
- Burone, L., P. Muniz., A. MariaS., P. Vanin., dan M. Rodrigues. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.Vol. 75 (1), pp. 77-90.
- Cuong Dang The., dan J.P.Obbar. 2006. Metal speciation in coastal marine sediments from Singapore using a modified BCR-sequential extraction procedure. *Applied Geochemistry*. Vol. 21, pp. 1335–1346.
- Edward. 2014. Kandungan logam berat dalam sedimen di Perairan Teluk Wawobatu, Kendari, Sulawesi Tenggara. *Junal Depik*. Vol. 3 (2), pp. 157-165.
- Efendi, E., dan H.Yulianto. 2012. Panduan Praktikum Ekologi Perairan. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. <http://www.staff.unila.ac.id/>. Diakses tanggal 12 Agustus 2016.
- Fadhlina, D. 2008. Geokimia Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn Pada Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Garno, Y.S. 2001. Kandungan Beberapa logam Berat Di Perairan Pesisir Timur Pulau Batam. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol. 2 (3), pp. 281– 286.
- Goodwin, L. D., dan N. L. Leech. 2006. Understanding Correlation: Factors That Affect the Size of r. *The Journal of Experimental Education*. Vol. 74 (3), pp. 251–266.

- Goyer, R.A. dan T.W. Clarkson. 2001. Toxic Effects Of Metals. Chapter 23. <http://www.biologicaldiversity.org/>. Diakses Tanggal 1 Desember 2015.
- Greaney, K.M. 2005. An Assesment of heavy metal contamination in the marine sediments of las perlas archipelago. Thesis. Master of Science in Marine Resource Development and Protection. School of Life Sciences. Heriot-Watt University, Edinburgh.
- Haeruddin., H.S. Sanusi., D. Soedharma., E. Supriyono., dan M. Boer. 2005. Sebaran Logam Berat Dalam Sedimen Estuari Wakak-Plumbon, Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. Vol. 12 (2), pp. 113-119.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Vol. 1 (3), pp. 117-135.
- Hasanah, K. 2013. Uji Korelasi Product Moment. Statistika Pendidikan. <http://statistikapendidikan.com>. Diakses Tanggal 15 Agustus 2016.
- Hutabarat, S., dan S. M. Evans. 2012. Pengantar Oseanografi Penerbit Universitas Indonesia - Press. Jakarta.
- Irawan, A., dan L.I. Sari. 2013. Karakteristik Distribusi Horizontal Parameter Fisika-Kimia Perairan Permukaan Di Pesisir Bagian Timur Balikpapan. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*. Vol. 18 (2), pp.1-7.
- Kasabarang, D.C., A. Setiawan., dan B. Susanto. 2012. Uji Normalitas Dengan Menggunakan Statistic Jarque-Bera. *Prosiding*, pp 1-15.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. <http://www.menlh.go.id>. Diakses tanggal 18 Agustus 2016.
- Koropitan, A.F. 2015. Pemodelan Pola Arus dan Sebaran Konsentrasi Tembaga (Cu) Terlarut di Teluk Jakarta. *Ilmu Kelautan*.Vol. 10 (3),pp. 165 -168.
- Kristanto, M.J., dan D. Riandadari, M.T. 2013. Analisis Pengaruh Kebisingan Dan Temperatur terhadap Produktivitas Pembuatan Spare Part Motor Pada Ud.Sinar Abadi Waru Sidoarjo. *JTM*. Vol. 01 (02), pp. 1-12.
- Makmur, R. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen di Kawasan Mangrove Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia* Vol. 2 (6), pp. 47- 58.
- Male, Y.T., Sunarti., dan N. Nunumete. 2014. Analisis Kandungan Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) Pada Akar Lamun (Enhalus Acoroides) Di Perairan Desa Waai Dan Tulehu Kabupaten Maluku Tengah. *Ind. J. Chem. Res*. Vol. 1, pp. 66 - 77
- Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya Di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. Tesis. Program Studi Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.Bogor.
- Maslukah, L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu,Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, Vol 2, pp. 55-62.
- McPhaden, M.J., dan S.P. Hayes. 1991. On the Variability of Winds, Sea Temperature, and Surface Layer Heat Content in the Western Equatorial Pacific. *Journal Of Geophysical Research*. Vol 96, pp. 3331-334.

- Mineral. 2016. The Minerals Copper. <http://www.minerals.net/mineral/copper.aspx>. Diakses tanggal 27 Oktober 2016.
- Minnesota Pollution Control Agency. 2008. Turbidity: Description, Impact on Water Quality, Sources, Measures. <https://www.pca.state.mn.us>. Diakses Tanggal 15 Agustus 2016.
- Mulya, M.B., 2002. Bahan Organik Terlarut Dan Tidak Terlarut Dalam Air Laut. Fakultas Matematik dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan. <http://library.usu.ac.id/>. Diakses Tanggal 15 Agustus 2016.
- Nemati, K., N.K. Abu Bakar., E. Sobhazadeh., M.R. Abas. 2009. A modification of the BCR sequential extraction procedure to investigate the potential mobility of copper and zinc in shrimp aquaculture sludge. *Microchemical Journal*. Vol .92, pp. 165–169.
- Normansyah, R., Y. Dhahiyat., dan T. Herawati. 2011. Distribusi Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Perairan Pulau Bunguran, Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol. 2 (4), pp. 97-105.
- Nowrouzi, M., A. Pourkhabbaz., dan M. Rezaei. 2014. Sequential extraction analysis of metals in sediments from the Hara Biosphere Reserve of Southern Iran. *Chemical Speciation and Bioavailability*. Vol. 26 (4), pp. 1–6.
- Nugroho, S.H., dan A. Basit. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir Di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 6 (1), pp. 229-240
- Patty, S.I., 2013. Distribusi Suhu, Salinitas Dan Oksigen Terlarut Di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. Vol 1 (3), pp. 148–157.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut. Kementerian Lingkungan Hidup. Indonesia.
- Pujiraharjo, A., A. Rachmansyah., Pudyono., A. Suharyanto., Y.P. Devia., dan D.R. Nur. 2013. Studi Dampak Rencana Reklamasi di Teluk Lamongan Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut dan Angkutan Sedimen. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 7 (2), pp. 108–117
- Purba, N.P., dan A.M.A. Khan. 2010. Karakteristik Fisika-Kimia Perairan Pantai Dumai Pada Musim Peralihan. *Jurnal Akuatika*. Vol. 1 (1), pp. 69–83
- Purnomo, N.A., Dr. Ir. Wahyudi M.Sc., dan Suntoyo., Ph.D. 2013. Studi Pengaruh Air Laut Terhadap Air Tanah Di Wilayah Pesisir Surabaya Timur. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1 (1), pp. 1–6.
- Purwiyanto, A.I.S. 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. Vol. 5 (1), pp. 1–5.
- Puspasari, D. A., I.E. Suprihatin., dan I.G. A. Kunti Sri Panca Dewi. 2014. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Cu Dan Zn Dalam Perairan dan Sedimen Muara Sungai Badung Pada Jalur Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar Bali. *Jurnal Kimia*. Vol. 8 (2), pp. 153–158.

- Rachmawatie., Z. Hidayah., dan I.W. Abida. 2009. Analisis konsentrasi Merkuri (Hg) Dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. *Jurnal Kelautan*. Vol. 2 (2), pp. 125–134.
- Ramdhan, M., 2015. Studi Kualitas Perairan Teluk Ekas Berdasarkan Komponen Fisika – Kimia. *Social Science Education Journal*. Vol. 2 (1), pp. 58–66.
- Ridhowati, S. 2013. Mengenal Pencemaran Ragam Logam. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Rochyatun, E., dan A. Rozak.2007. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Makara, Sains*, Vol. 11 (1), pp. 28–36.
- Rodiana, Y., Hafiz Maulana., S. Masitoh., dan Nurhasni. 2013. Pengkajian Metode Untuk Analisis Total Logam Berat Dalam Sedimen Menggunakan Microwave Digestion. *Ecolab*. Vol. 7 (2), pp.49–108.
- Rohmimohtarto, K., dan S. Juwana.2009. Biologi laut, Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut .Djambatan. Jakarta.
- Rumahlatu, D. 2011. Konsentrasi Logam Berat Kadmium Pada Air, Sedimen dan Deadema setosum (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 16 (2), pp. 78–85.
- Safitri, M., dan M.R. Putri. 2013. Kondisi Keasaman (pH) Laut Indonesia. *Jurnal Kelompok Keahlian Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung*. <http://www.digilib.itb.ac.id/>. Diakses Tanggal 17 Agustus 2016.
- Sahara, E. 2009. Distribusi Pb Dan Cu Pada Berbagai Ukuran Partikel Sedimen Di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*. Vol. 3 (2), pp. 75–85.
- Samsudin, A. 2010. Statistik Nonparametrik, Uji Tanda, Uji Wilcoxon, dan Kolmogorov Smirnov. <http://file.upi.edu/>. Diakes Tanggal 20 Agustus 2016.
- Santisteban, J.I., R. Mediavilla., E. Lo´pez-Pamo., Cristino J., Dabrio M., B.R. Zapata., M. J.G. Garcı’a., S. Castan dan P.E. Martı´nezAlfaro. 2004. Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments. *Journal of Paleolimnology*. Vol. 32, pp. 287–299.
- Santoso, A.D. 2005. Pemantaun Hidrografi dan Kualitas Air di Teluk Hurun Lampung dan Teluk Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6 (3), pp. 433–437.
- Sanusi, H.S., dan S. Putranto. 2009. Kimia Laut dan Pencemaran Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sari, T.A., W. Atmodjo., dan R. Zuraida. 2014. Studi Bahan Organik Total (Bot) Sedimen Dasar Laut Di Perairan Nabire, Teluk Cendrawasih, Papua. *Jurnal Oseanografi*. Vol. 3 (1), pp. 81–86.

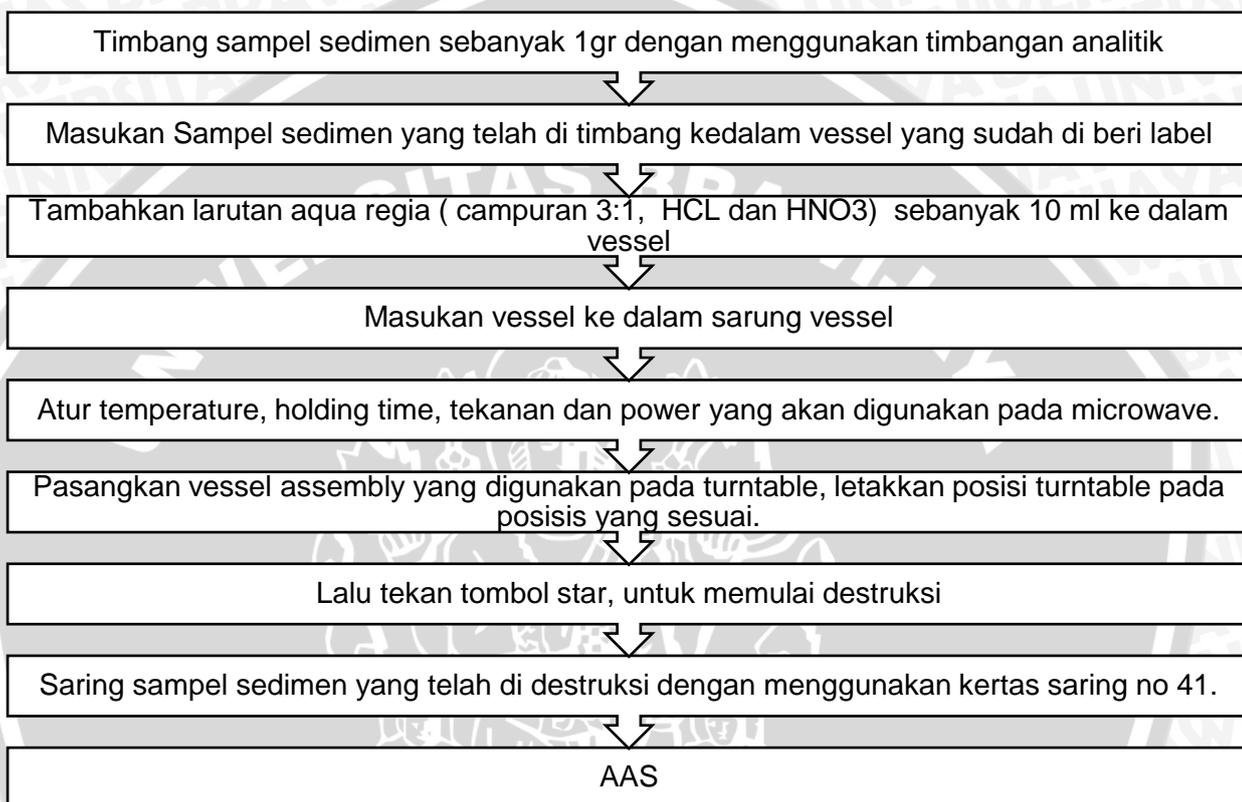
- Sarkar, S.K., P.J.C. Favas., D. Rakshit., dan K.K. Satpathy. 2014. Geochemical Speciation and Risk Assessment of Heavy Metals in Soils and Sediments. Environmental Risk Assessment of Soil Contamination. Chapter 25. <http://www.intechopen.com/>. Diakses Tanggal 2 Juni 2016.
- Sarwono, J. 2012. Prosedur – Prosedur Populer Statistik Untuk Mempermudah Riset Skripsi. <http://www.jonathansarwono.info/>. Diakses Tanggal 20 Agustus 2016.
- Shaban, N. 2005. Analysis Of The Correlation And Regression Coefficients Of The Interaction Between Yield And Some Parameters Of Snap Beans Plants. *Trakia Journal of Sciences*. Vol. 3 (6), pp. 27-31.
- Simanjuntak, M. 2007. Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilizatio di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 12 (2), pp. 59-66.
- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol. 5 (2), pp. 33-39.
- Susilowati, T., S. Rejeki., E.N. Dewi., dan Zulfitriani. 2012. Pengaruh Kedalaman Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Yang Dibudidayakan Dengan Metode Longline di Pantai Mlonggo, Kabupaten Jepara. *Jurnal Saintek Perikanan*. Vol. 8 (1), pp. 1-6.
- Suwarsito., dan E. Sarjanti. 2014. Analisa Spasial Pencemaran Logam Berat Pada Sedimen dan Biota Air di Muara Sungai Serayu Kabupaten Cilacap. *Geoedukasi*. Vol. 3 (1), pp. 30-37.
- Syakti, A.D., Nuning, V.H., dan Asrul, S.S. (2012). Agen Pencemaran Laut. IPB press. Bogor.
- Taftazani, A., Muzakky., dan Sumining. 2005. Evaluasi Kadar Logam Berat Dalam Sampel Lingkungan Pantai Indramayu Dengan Teknik Analisis Aktivasi Neutron. *Prosdin PPI*, pp. 35-44
- Takarina, N.D. 2010. Geochemical Fractionation Of Toxic Trace Heavy Metals (Cr, Cu, Pb, And Zn) From The Estuarine Sediments Of 5 River Mouths At Jakarta Bay Indonesia. *Journal of Coastal Development*. Vol. 13 (2), pp. 26-36.
- Tarigan, Z., Edward., dan A. Rozak. 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn Dan Ni Dalam Air Laut Dan Sedimen Di Muara Sungai Membramo, Papua Dalam Kaitannya Dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. *Makara, Sains*, Vol. 7 (3), pp. 119-127.
- Trannum, H.C., F. Brakstad., dan J. Neff. 2006. Sedimen Characterization and Parameter Estimation, ERMS Task 3. <https://www.sintef.no>. Diakses Tanggal 15 Agustus 2016.
- Vera. 2011. Analisis Logam Berat Timbal (Pb), Timah (Sn) dan Kadmiun (Cd) dalam Buah Lengkeng Kemasan Kalen Secara Spektrofotometri Serapan Atom. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok.
- Voica, C., A. Dehelean., A. Iordache., dan I. Geana. 2012. Method Validation For Determination Of Metals In Soils By Icp-MS. *Romanian Reports in Physics*. Vol. 64 (1), pp. 221-231.

- Wanda, W.N., Rifardi., dan Elizal. 2014. Surface Sediment Composition Of Western Coast Of Rupa Strait Riau Province. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Perikanan dan Kelautan*. Vol. 1 (2), pp. 1-14.
- Wibowo, S.P.A. 2011. Pengukuran Besar Butiran Sedimen. Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI. Jakarta.
- Wijayanti, N., I.M. Siaka., dan I.A.G. Widihati. 2015. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Sungai Tukad Badung. *Jurnal Kimia*. Vol. 9 (2), pp. 211-216.
- Wulandari, S.Y., B.Y ulianto., G.W. Santosa., dan K. Suwartimah. 2009. Kandungan Logam Berat Hg dan Cd dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (Anadara granossa) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN). *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 14 (3), pp. 170-175.
- Wulanningrum, N.K. 2015. Korelasi Antara Pola Asuh Orang Tua dan Kebiasaan Belajar Terhadap Prestasi Belajar Matematika Siswa Kelas Viii Semester Genap Smp Muhammadiyah 1 Kartasura Tahun Ajaran 2014/2015. Skripsi. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yang, ZT., L.S. Chan., dan Q.S. Liu. 2007. Magnetic signature of heavy metals pollution of sediments: Case study from the East Lake in Wuhan, China. *Environment Geol*. Vol. 52, pp. 1639–1650.
- Yap, C.K., A. Ismail., dan S.G.Tan. 2003. Concentration, Distribution and Geochemical Speciation of Copper In Surface Sedimen of Straits of Malacca. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 6 (12), pp. 1021-1026.
- Zimmerman, A.J., dan D.C. Weindor. 2009. Heavy Metal and Trace Metal Analysis in Soil by Sequential Extraction: A Review of Procedures. *International Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 2010, pp. 1-8.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Metode CEM Microwave Analisis Konsentrasi Logam

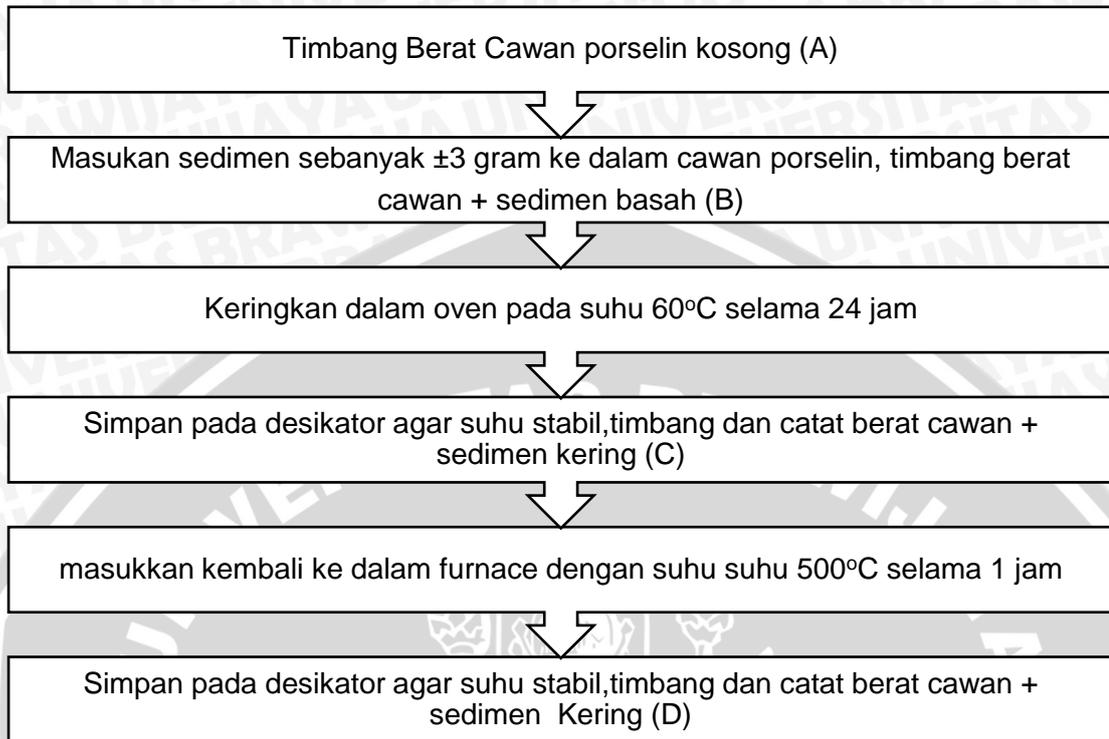
Berat Cu.



Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen di perlukan perhitungan konsentrasi logam berat yang sebenarnya, adapun rumus perhitungan tersebut adalah sebagai berikut;

$$\text{Konsentrasi sebenarnya} = \frac{\text{konsentrasi AAS X Volume akhir larutan}}{\text{Berat contoh sedimen}}$$

Lampiran 2. Skema Kerja Bahan Organik Total (APHA,1992)



Nilai bahan organik total dalam sedimen di dapat berdasarkan perhitungan sebagai berikut;

$$\%LOI = (C - D) / (B - A) \times 100.$$

Lampiran 3. Prosedur Kerja Analisis Ukuran Butiran Sedimen di Lab Geologi Laut, P2O, LIPI.

1. Siapkan cawan yang telah diberi nomor identitas
2. Panaskan cawan dalam oven pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam
3. Matikan oven dan dinginkan cawan pada suhu ruang selama 30 menit
4. Timbang cawan tersebut dengan timbangan analitik dan catat beratnya ( $=W_{cw}$ )
5. Cuplik sampel pada cawan yang telah ditimbang dan di beri label.
6. Panaskan cawan yang berisi cuplikan sampel dalam oven pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
7. Matikan oven, kemudian ambil cawan yang berisi sampel tersebut dan dinginkan pada suhu ruangan selama 30 menit.
8. Timbang cawan yang berisi sampel tersebut dengan neraca analitik dan catat berat ( $=W_{cw} + s$ )
9. Larutkan sampel dengan akuades.
10. Susun ayakan dari yang berukuran besar sampai yang berukuran kecil (ayakan berukuran 2 mm sampai 0.063mm).
11. Tuangkan sampel yang telah dilarutkan dengan akuades pada ayakan paling atas ( Bukan mess paling besar).
12. Ayak sampel sedimen dengan ayakan yang memiliki ukuran 2 mm dengan menyemprotkan air di atasnya dan gunakan kuas untuk membantu proses pengayakan, kemudian pindahkan sedimen yang tertahan pada ayakan tersebut pada cawan kosong yang sudah diberi label identitas stasiun dan diameter butiran sedimen.

13. Ayak sampel sedimen dengan ayakan yang memiliki ukuran 1 mm, 0,5 mm , 0,25 mm, 0,125 mm dan 0,063 mm dan lakukan hal yang sama dengan penjelasan no 12.
14. Panaskan cawan yang telah berisi sedimen hasil pengayakan dari masing – masing ukuran ayakan tersebut dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam.
15. Matikan oven, kemudian ambil cawan yang berisi sampel tersebut dan dinginkan pada suhu ruangan selama 30 menit.
16. Timbang cawan yang berisi sampel tersebut dengan neraca analitik dan catat berat (=Wcw + b1-n).

Untuk mengetahui persen ukuran sedimen yang berada di lokasi di penelitian dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut;

$$\text{Berat Awal sedimen (Ws)} = (W_{cw} + s) - (W_{cw})$$

$$\% \text{ Ukuran Sedimen} = (W_{cw} + b(1-n)) / (Ws)$$

Keterangan :

Ws = Berat Sampel (= gram)

Wcw = Berat Cawan Sebelum diisi Sampel (=gram)

Wcw + s = Berat Cawan setelah diisi Sampel yang berisi Sedimen hasil pengayakan dari masing – masing ukuran.

Wcw + b (1-n) = Berat Cawan yang berisi Sedimen hasil pengayakan dari masing – masing ukuran.

100 = Faktor Pengali Untuk persentase.

Lampiran 4. Pembuatan Reagen Untuk Analisis Fraksinasi Logam Berat Cu.

1. Larutan A ( asam asetat 0.11 mol/L )

25 ± 2 ml Asam asetat dilarutkan dengan 0.5 L Aquabides dalam labu ukur lalu buat menjadi 1L untuk menghasilkan konsentrasi larutan 0.43 mol/l. Kemudian ambil 250 ml dari larutan tersebut untuk membuat asam asetat 0.11 mol/l dengan menggunakan gelas ukur dan larutkan dengan Aquabides sampai 1L. Simpan larutan A dalam Botol polietilen.

2. Larutan B ( Hydroxylamine hydrochloride 0.1 mol/L )

6.95 gr Hydroxylamine hydrochloride dilarutkan dengan menggunakan 900 ml aquabides. Atur pH larutan tersebut menjadi 2 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> (2 mol/L) lalu tambahkan aquabides hingga 1 l. Siapakan larutan ini pada hari yang dengan proses ekstrasi fraksi reducible.

3. Larutan C ( Hydrogen Peroxide 8.8 mol/L )

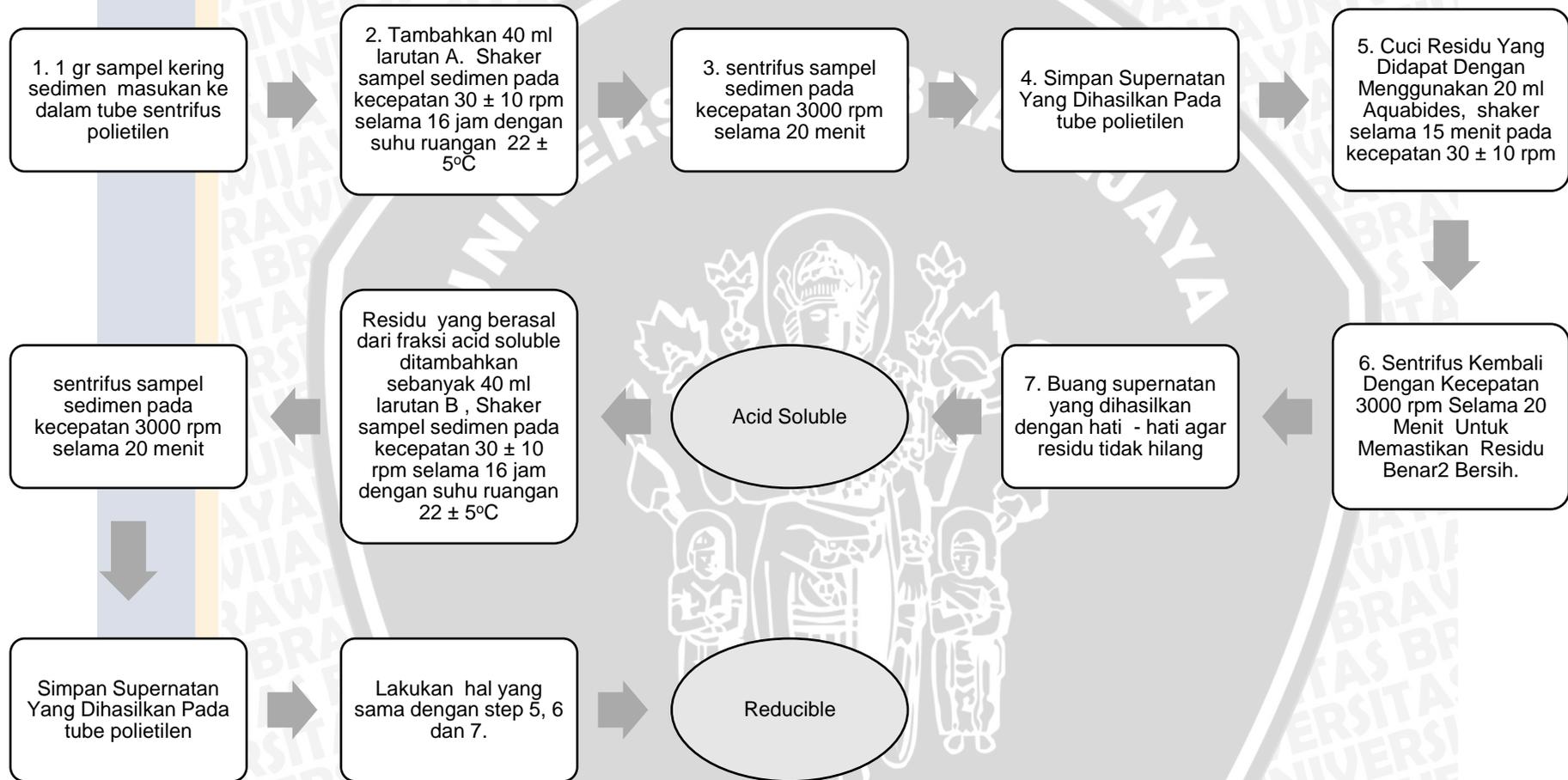
Untuk larutan hydrogen peroxide tidak dilakukan proses perlarutan hal ini dikarenakan larutan dengan konsentrasi 8.8 mol/ L sudah sesuai dengan larutan asli Hydrogen Peroxide 30 %.

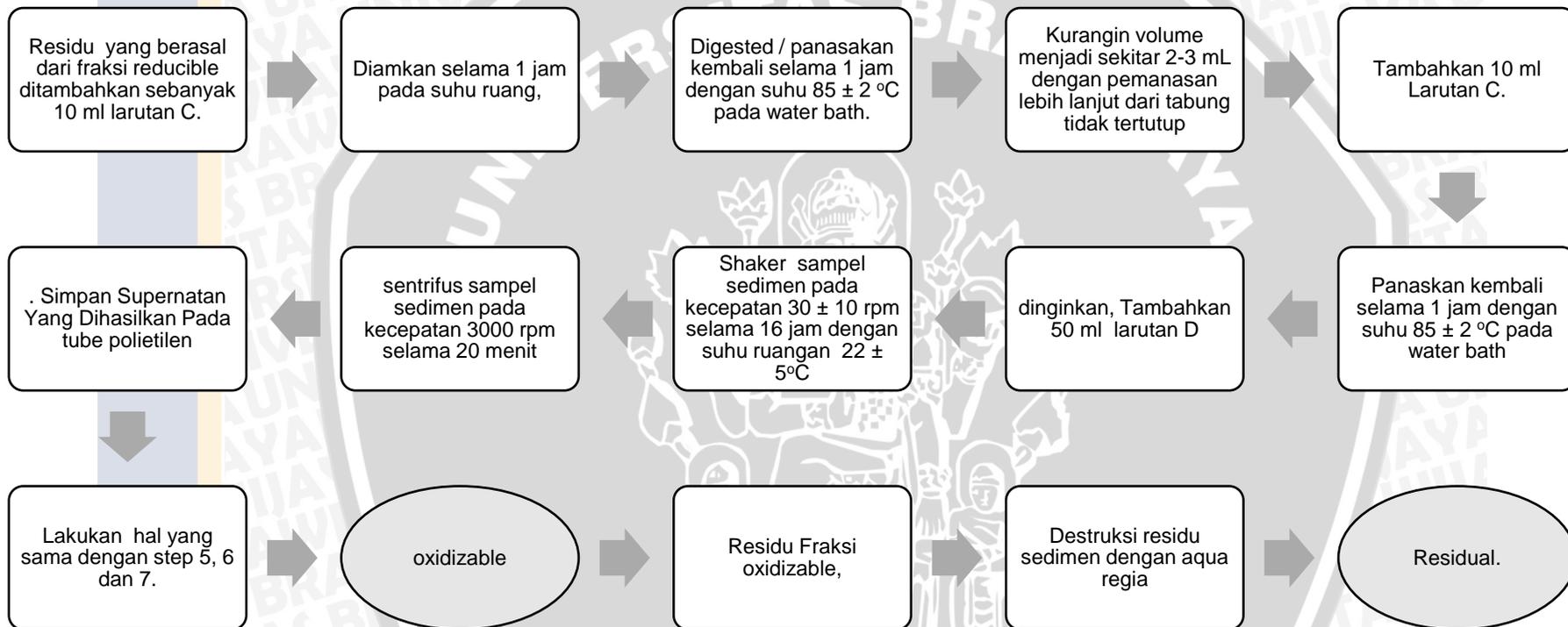
4. Larutan D (ammonium asetat 1.0 mol/ L).

77.08 gr ammonium asetat dilarutkan dengan menggunakan 900 ml aquabides. Atur Ph menjadi 2 dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> (2 mol/ L) lalu buat larutn menjadi 1 L dengan menggunakan aquabides.

Lampiran 5. Skema analisis Fraksinasi Logam Berat Cu dengan Menggunakan Metode BCR (Community Bureau Of Reference).







Lampiran 6. Validasi Metode.

Untuk memastikan apakah metode yang digunakan sudah benar dan tidak menyimpang diperlukan validasi metode untuk analisis konsentrasi logam berat Cu yaitu dengan menggunakan CRM PACS 2, dimana untuk setiap prosesnya dilakukan hal yang sama dengan setiap sampel. Proses selanjutnya yaitu dengan mengetahui nilai recovery setiap sampel sedimen PACS2. Adapun rumus perhitungan recovery adalah sebagai berikut ;

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Konsentrasi logam berat Cu yang didapatkan}}{\text{Konsentrasi logam berat yang seharusnya}} \times 100$$

Untuk nilai recovery dalam analisis fraksinasi logam berat Cu dalam sedimen yaitu sebagai berikut :

$$\% \text{ Recovery} = \frac{F1+F2 +F3 +F4}{\text{Konsentrasi logam berat Cu yang seharusnya}} \times 100$$

Sebagai contoh perhitungan nilai recovery PACS A adalah sebagai berikut ;

$$93.6 \% = \frac{35.24+89.03 +137.27 +17.66}{298} \times 100$$

Konsentrasi logam berat Cu yang seharusnya dapat dilihat pada **lampiran 7**.

Certified Reference Material



National Research Council Canada

Conseil national de recherches Canada

## HISS-1, MESS-3, PACS-2

### Marine Sediment Reference Materials for Trace Metals and other Constituents

The following tables show those constituents for which certified and information values have been established. Certified values and their uncertainties are reported as mass fractions (based on dry mass). The uncertainties represent 95% confidence limits for an individual sub-sample of 250 mg or greater. The uncertainties in the certified values of the butyltins reflect expanded uncertainties.\*\*

Trace Metal Mass Fractions (mg/kg)

	HISS-1	MESS-3	PACS-2
Antimony	(0.13)*	1.02 ± 0.09	11.3 ± 2.6
Arsenic	0.801 ± 0.099	21.2 ± 1.1	26.2 ± 1.5
Beryllium	0.129 ± 0.023	2.30 ± 0.12	1.0 ± 0.2
Cadmium	0.024 ± 0.009	0.24 ± 0.01	2.11 ± 0.15
Chromium	30.0 ± 6.8†	105 ± 4	90.7 ± 4.6
Cobalt	(0.65)*	14.4 ± 2.0	11.5 ± 0.3
Copper	2.29 ± 0.37	33.9 ± 1.6	310 ± 12
Lead	3.13 ± 0.40	21.1 ± 0.7	183 ± 8
Lithium	2.83 ± 0.54	73.6 ± 5.2	32.2 ± 2.0
Manganese	66.1 ± 4.2	324 ± 12	440 ± 19
Mercury	(0.01)*	0.091 ± 0.009	3.04 ± 0.20
Molybdenum	(0.13)*	2.78 ± 0.07	5.43 ± 0.28
Nickel	2.16 ± 0.29	46.9 ± 2.2	39.5 ± 2.3
Selenium	0.050 ± 0.007	0.72 ± 0.05	0.92 ± 0.22
Silver	0.016 ± 0.002	0.18 ± 0.02	1.22 ± 0.14
Strontium	96.9 ± 11.2	129 ± 11	276 ± 30
Thallium	(0.06)*	0.90 ± 0.06	(0.6)*
Tin	(0.11)*	2.50 ± 0.52	19.8 ± 2.5
Uranium	(0.26)*	(4)*	(3.)*
Vanadium	6.80 ± 0.78	243 ± 10	133 ± 5
Zinc	4.94 ± 0.79	159 ± 8	364 ± 23
Tributyltin (as Sn)**	---	---	0.890 ± 0.105
Dibutyltin (as Sn)**	---	---	1.047 ± 0.064
Monobutyltin (as Sn)**	---	---	(0.6)*

\*information value only

† see page 3

\*\* a separate certificate for the butyltins is available.

**NRC · CNRC**

KET : 310 Nilai logam berat yang seharusnya.

Lampiran 8. Tabel Hasil Konsentrasi Total Logam Berat Cu dalam Sedimen

	Conc	Abs
blank	0.000	0.000
std 1	0.050	0.006
std 2	0.100	0.013
std 3	0.250	0.031
std 4	0.500	0.062
std 5	1.000	0.121

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Conc	rerata
Blank	0.000	0.1211	0.0005	-0.00413	-0.00412882
Blank	0.000	0.1211	0.0005	-0.00413	
Blank	0.000	0.1211	0.0005	-0.00413	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 A	0.072	0.1211	0.0005	0	0.590421140	0.590421140	1.0724	50	10	275.28	275.40
PACS 2 A	0.071	0.1211	0.0005	0	0.582163501	0.582163501	1.0724	50	10	271.43	
PACS 2 A	0.071	0.1211	0.0005	0	0.582163501	0.582163501	1.0724	50	10	271.43	
PACS 2 B	0.072	0.1211	0.0005	0	0.590421140	0.590421140	1.0865	50	10	271.71	278.04
PACS 2 B	0.074	0.1211	0.0005	0	0.606936416	0.606936416	1.0865	50	10	279.31	
PACS 2 B	0.075	0.1211	0.0005	0	0.615194055	0.615194055	1.0865	50	10	283.11	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 C	0.072	0.1211	0.0005	0	0.590421140	0.590421140	1.0239	50	10	288.32	286.98
PACS 2 C	0.072	0.1211	0.0005	0	0.590421140	0.590421140	1.0239	50	10	288.32	
PACS 2 C	0.071	0.1211	0.0005	0	0.582163501	0.582163501	1.0239	50	10	284.29	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
T.jkt 1 T	0.033	0.1211	0.0005	0	0.26837325	0.26837325	1.0008	50	1	13.41	13.27
	0.033	0.1211	0.0005	0	0.26837325	0.26837325	1.0008	50	1	13.41	
	0.032	0.1211	0.0005	0	0.26011561	0.26011561	1.0008	50	1	13.00	
T.jkt 1 Tt DUP	0.031	0.1211	0.0005	0	0.25185797	0.25185797	1.0165	50	1	12.39	12.39
	0.032	0.1211	0.0005	0	0.26011561	0.26011561	1.0165	50	1	12.79	
	0.030	0.1211	0.0005	0	0.24360033	0.24360033	1.0165	50	1	11.98	
T.jkt 2 T	0.031	0.1211	0.0005	0	0.25185797	0.25185797	1.0008	50	1	12.58	12.31
	0.030	0.1211	0.0005	0	0.24360033	0.24360033	1.0008	50	1	12.17	
	0.030	0.1211	0.0005	0	0.24360033	0.24360033	1.0008	50	1	12.17	
T.jkt 3 T	0.026	0.1211	0.0005	0	0.21056978	0.21056978	1.0047	50	1	10.48	10.89
	0.027	0.1211	0.0005	0	0.21882742	0.21882742	1.0047	50	1	10.89	
	0.028	0.1211	0.0005	0	0.22708505	0.22708505	1.0047	50	1	11.30	
T. jkt 1 B	0.038	0.1211	0.0005	0	0.30966144	0.30966144	1.0026	50	1	15.44	15.58
	0.037	0.1211	0.0005	0	0.3014038	0.3014038	1.0026	50	1	15.03	
	0.040	0.1211	0.0005	0	0.32617671	0.32617671	1.0026	50	1	16.27	
T.jkt 2 B	0.023	0.1211	0.0005	0	0.18579686	0.18579686	1.024	50	1	9.07	9.21
	0.024	0.1211	0.0005	0	0.1940545	0.1940545	1.024	50	1	9.48	
	0.023	0.1211	0.0005	0	0.18579686	0.18579686	1.024	50	1	9.07	
T.jkt 3 B	0.013	0.1211	0.0005	0	0.10322048	0.10322048	1.1778	50	1	4.38	4.38
	0.013	0.1211	0.0005	0	0.10322048	0.10322048	1.1778	50	1	4.38	
	0.013	0.1211	0.0005	0	0.10322048	0.10322048	1.1778	50	1	4.38	

Lampiran 9. Tabel Hasil Analisis Bahan Organik Total (BOT).

No	No Cawan	ID Sampel	Berat Cawan Kosong 105	Berat Cawan Kosong 550	Berat Cawan kosong + Sample Basah	Berat Cawan Kosong +Sampel kering (105)	Berat Cawan Kosong +Sampel kering (550)	Kadar Air %	LOI %
1	382	1 T	9.8009	9.8009	13.022	11.6208	11.5128	43.50008279	5.9362
2	383	2 T	9.8359	9.8360	13.242	11.8328	11.7129	41.37242621	6.0126
3	297	3 T	9.8270	9.8270	14.122	12.3935	12.2458	40.24338189	5.7561
4	350	1 B	9.7761	9.7762	13.3301	11.6567	11.4999	47.08591259	8.3415
5	29	2 B	9.8401	9.8401	13.0841	12.2394	12.1829	26.03857338	2.3576
6	322	3 B	9.8255	9.8258	13.2782	12.2408	12.1655	30.04508549	3.1300

ID Sampel	Jenis Sedimen	Ukuran Sedimen %
<b>T.JKT 1 B</b>		
2mm	Kerikil	1.25
1mm - 0.25 mm	pasir kasar	8.6448
0.125 mm - 0.063	Pasir halus	41.9051
< 0.063	Lumpur	48.20
<b>T.JKT 2 B</b>		
1 mm - 0.25 mm	Pasir kasar	4.3834
0.125 mm - 0.063	Pasir halus	95.0245
< 0.063	Lumpur	0.5920
<b>T. JKT. 3B</b>		
1 mm-0.25mm	Pasir kasar	2.1487
0.125 mm - 0.063mm	Pasir halus	94.8128
< 0.063	Lumpur	3.04
<b>T.JKT 1T</b>		
2mm	Kerikil	1.22
1mm - 0.25 mm	pasir kasar	1.6733
0.125 mm - 0.063	Pasir halus	70.2296
< 0.063	Lumpur	26.8780
<b>T.JKT. 2T</b>		
2mm	Kerikil	0.94
1mm - 0.25 mm	pasir kasar	2.6270
0.125 mm - 0.063	Pasir halus	74.3703
< 0.063	Lumpur	22.0613
<b>T.JKT. 3T</b>		
2mm	Kerikil	1.46
1mm - 0.25 mm	pasir kasar	1.8413
0.125 mm - 0.063	Pasir halus	75.7883
< 0.063	Lumpur	20.9132

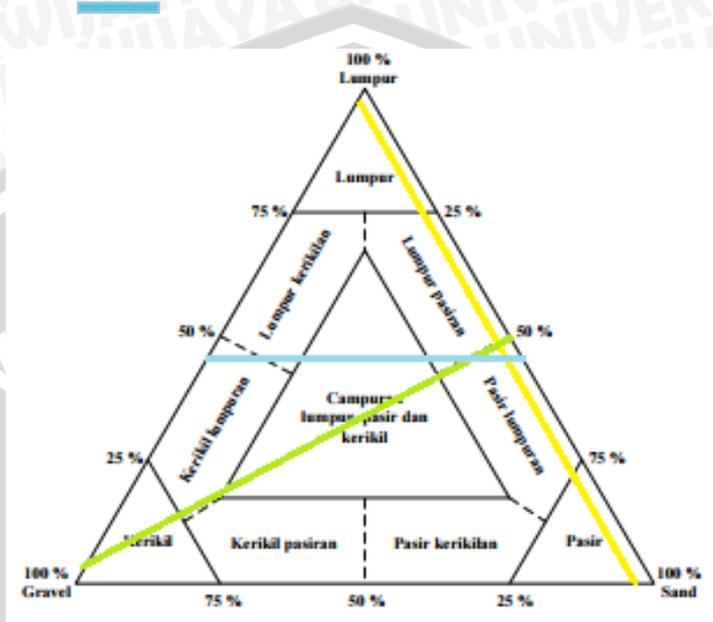
Lampiran 10. Hasil Ukuran Butiran Sedimen

Lampiran 11. Hasil Analisis Segitiga Shepard.

- Titik 1B

Kerikil : 1.25 

Pasir : 50.5 

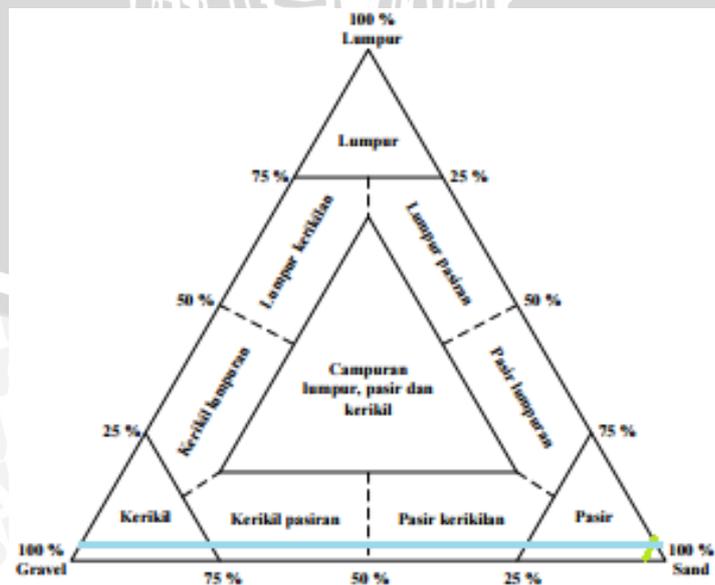


Lumpur : 48.20

- Titik 2B

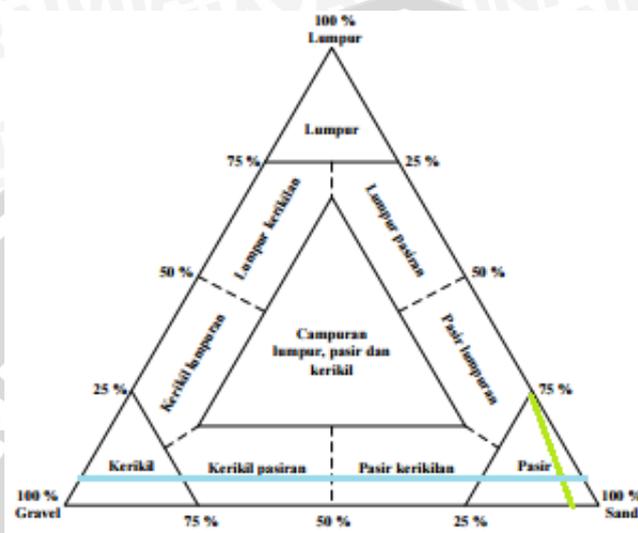
Pasir : 99.4 

Lumpur : 0.56 



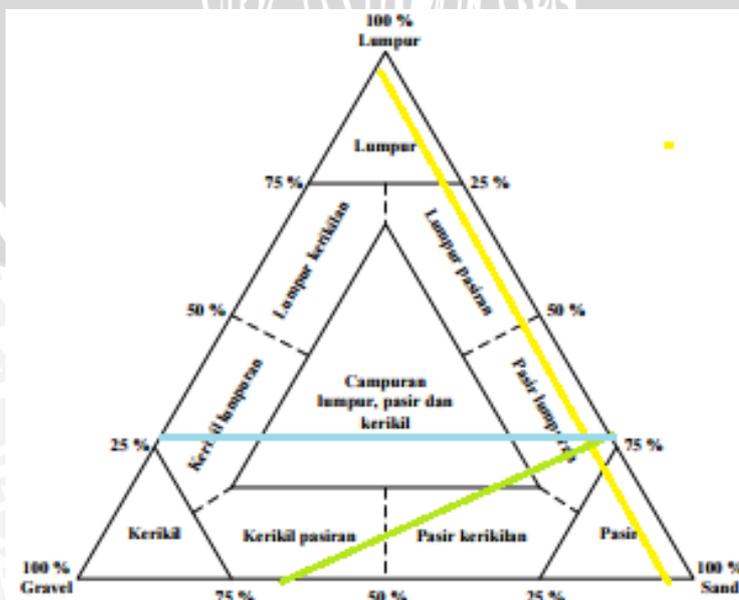
- Titik 3B

Pasir : 96.9 █  
 Lumpur : 3.04 █



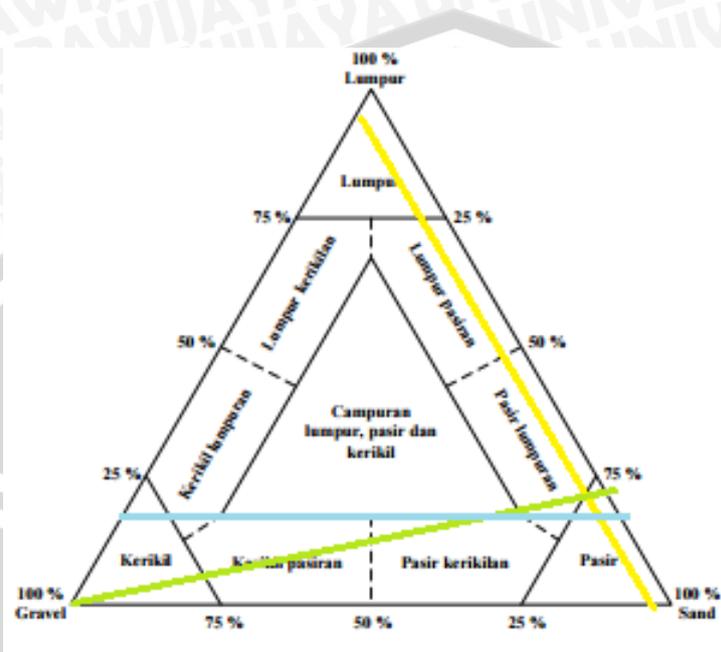
- Titik 1T

Kerikil : 1.12 █  
 Pasir : 71.9 █  
 Lumpur : 26.8 █



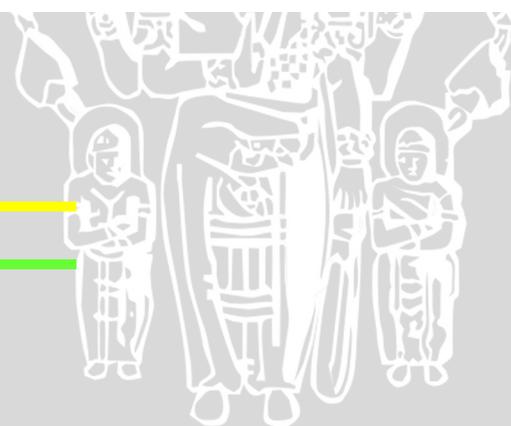
- Titik 2T

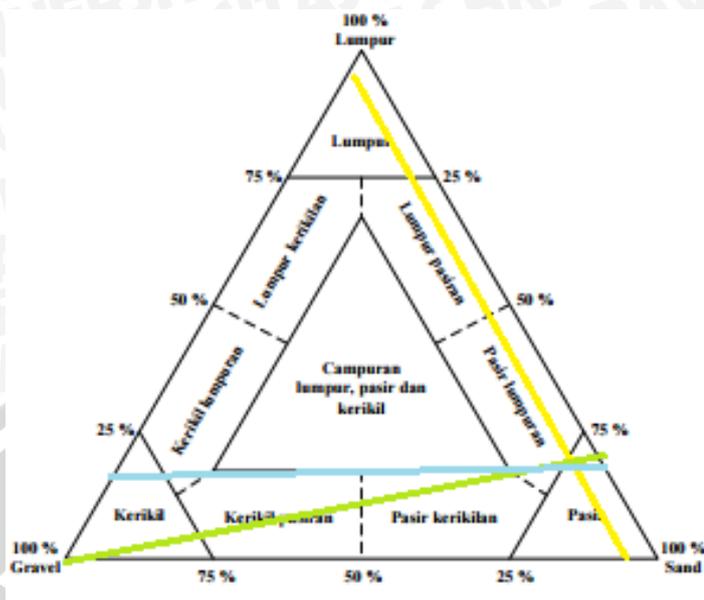
Kerikil : 0.94  
 Pasir : 76.9  
 Lumpur : 22.06



- Titik 3T

Kerikil : 1.46  
 Pasir : 77.6





Lumpur : 20.9

Lampiran 12. Hasil uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		NormalitasF 1	NormalitasF 2	NormalitasF 3	NormalitasF 4
N		6	6	6	6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	0E-7	0E-7	0E-7	0E-7
	Std. Deviation	2.02934581	4.66077250	3.93021970	7.89185854
Most Extreme Differences	Absolute	.283	.239	.158	.220
	Positive	.283	.239	.158	.220
	Negative	-.198	-.182	-.157	-.165
Kolmogorov-Smirnov Z		.693	.585	.386	.540
Asymp. Sig. (2-tailed)		.724	.884	.998	.933

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

- Pasir Halus dengan setiap fraksinya.

- TOM dengan setiap Fraksinya

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**



		NormalitasF 1	NormalitasF 2	NormalitasF 3	NormalitasF 4
N		6	6	6	6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	0E-7	0E-7	0E-7	0E-7
	Std. Deviation	1.94369821	4.41301937	3.95301864	7.62666802
Most Extreme Differences	Absolute Positive	.268	.301	.237	.180
	Negative	.268	.301	.194	.157
		-.214	-.181	-.237	-.180
Kolmogorov-Smirnov Z		.656	.738	.582	.441
Asymp. Sig. (2-tailed)		.783	.647	.888	.990

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.



- Kerikil dengan Setiap Fraksinya

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		NORMALITAS F1	NORMALITAS F2	NORMALITAS F3	NORMALITAS F4
N		6	6	6	6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	0E-7	0E-7	0E-7	0E-7
	Std. Deviation	2.00508763	4.54898909	3.96429465	7.79769810
	Absolute	.259	.250	.194	.187
Most Extreme Differences	Positive	.259	.250	.194	.187
	Negative	-.203	-.165	-.193	-.179
Kolmogorov-Smirnov Z		.634	.613	.476	.459
Asymp. Sig. (2-tailed)		.817	.846	.977	.984

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

- Lumpur dengan Setiap Fraksinya

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		NORMALITAS F1	NORMALITAS F2	NORMALITAS F3	NORMALITAS F4
N		6	6	6	6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	0E-7	0E-7	0E-7	0E-7
	Std. Deviation	1.56874341	5.11383708	3.50747160	7.71910532
	Absolute	.142	.182	.225	.256
Most Extreme Differences	Positive	.129	.099	.198	.256
	Negative	-.142	-.182	-.225	-.209
Kolmogorov-Smirnov Z		.347	.447	.550	.628
Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000	.988	.923	.826

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.



- Pasir Kasar dengan Setiap Fraksinya

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		NORMALITAS F1	NORMALITASF 2	NORMALITASF 3	NORMALITASF 4
N		6	6	6	6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	0E-7	0E-7	0E-7	0E-7
	Std. Deviation	2.24569760	5.38966508	2.31112253	7.54153264
Most Extreme Differences	Absolute	.337	.275	.166	.310
	Positive	.337	.184	.115	.310
	Negative	-.219	-.275	-.166	-.146
Kolmogorov-Smirnov Z		.826	.674	.408	.759
Asymp. Sig. (2-tailed)		.503	.755	.996	.612

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.



Lampiran 13. Hasil Analisis Korelasi Pearson.

		Correlations				
		Pasir halus %	Acid Soluble %	Reducible %	Oxidizable %	Residual %
Pasir halus %	Pearson Correlation	1	.429	-.513	.140	.158
	Sig. (2-tailed)		.396	.298	.792	.765
	N	6	6	6	6	6
Acid Soluble %	Pearson Correlation	.429	1	.318	-.212	-.392
	Sig. (2-tailed)	.396		.539	.687	.442
	N	6	6	6	6	6
Reducible %	Pearson Correlation	-.513	.318	1	.224	-.880*
	Sig. (2-tailed)	.298	.539		.670	.021
	N	6	6	6	6	6
Oxidizable %	Pearson Correlation	.140	-.212	.224	1	-.590
	Sig. (2-tailed)	.792	.687	.670		.218
	N	6	6	6	6	6
Residual %	Pearson Correlation	.158	-.392	-.880*	-.590	1
	Sig. (2-tailed)	.765	.442	.021	.218	
	N	6	6	6	6	6

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

- Korelasi Pasir Halus dengan Setiap Fraksinya

**Correlations**

		TOM %	Acid Soluble %	Reducible %	Oxidizable %	Residual %
TOM %	Pearson Correlation	1	-.502	.582	.090	-.299
	Sig. (2-tailed)		.311	.225	.866	.565
	N	6	6	6	6	6
Acid Soluble %	Pearson Correlation	-.502	1	.318	-.212	-.392
	Sig. (2-tailed)	.311		.539	.687	.442
	N	6	6	6	6	6
Reducible %	Pearson Correlation	.582	.318	1	.224	-.880*
	Sig. (2-tailed)	.225	.539		.670	.021
	N	6	6	6	6	6
Oxidizable %	Pearson Correlation	.090	-.212	.224	1	-.590
	Sig. (2-tailed)	.866	.687	.670		.218
	N	6	6	6	6	6
Residual %	Pearson Correlation	-.299	-.392	-.880*	-.590	1
	Sig. (2-tailed)	.565	.442	.021	.218	
	N	6	6	6	6	6

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

- Korelasi TOM dengan Setiap Fraksinya



- Korelasi Kerikil dengan Setiap Fraksinya

**Correlations**

		KERIKIL %	ACID SOLUBLE %	REDUCIBLE %	OXIZIDABLE %	RESIDUAL %
KERIKIL %	Pearson Correlation	1	-.716	.336	.468	-.259
	Sig. (2-tailed)		.110	.515	.349	.620
	N	6	6	6	6	6
ACID SOLUBLE %	Pearson Correlation	-.716	1	.318	-.212	-.392
	Sig. (2-tailed)	.110		.539	.687	.442
	N	6	6	6	6	6
REDUCIBLE %	Pearson Correlation	.336	.318	1	.224	-.880*
	Sig. (2-tailed)	.515	.539		.670	.021
	N	6	6	6	6	6
OXIZIDABLE %	Pearson Correlation	.468	-.212	.224	1	-.590
	Sig. (2-tailed)	.349	.687	.670		.218
	N	6	6	6	6	6
RESIDUAL %	Pearson Correlation	-.259	-.392	-.880*	-.590	1
	Sig. (2-tailed)	.620	.442	.021	.218	
	N	6	6	6	6	6

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



- Korelasi Lumpur dengan Setiap Fraksinya

**Correlations**

		LUMPUR %	ACID SOLUBLE %	REDUCIBLE %	OXIDAZIBLE %	RESIDUAL %
LUMPUR %	Pearson Correlation	1	-.451	.546	-.049	-.219
	Sig. (2-tailed)		.369	.263	.927	.676
	N	6	6	6	6	6
ACID SOLUBLE %	Pearson Correlation	-.451	1	.318	-.212	-.392
	Sig. (2-tailed)	.369		.539	.687	.442
	N	6	6	6	6	6
REDUCIBLE %	Pearson Correlation	.546	.318	1	.224	-.880*
	Sig. (2-tailed)	.263	.539		.670	.021
	N	6	6	6	6	6
OXIDAZIBLE %	Pearson Correlation	-.049	-.212	.224	1	-.590
	Sig. (2-tailed)	.927	.687	.670		.218
	N	6	6	6	6	6
RESIDUAL %	Pearson Correlation	-.219	-.392	-.880*	-.590	1
	Sig. (2-tailed)	.676	.442	.021	.218	
	N	6	6	6	6	6

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



- Korelasi Pasir Kasar dengan Setiap Fraksinya

**Correlations**

		PASIR KASAR %	ACID SOLUBLE %	REDUCIBLE %	OXIDAZIBLE %	RESIDUAL %
PASIR KASAR %	Pearson Correlation	1	-.030	.120	-.813*	.331
	Sig. (2-tailed)		.955	.821	.049	.521
	N	6	6	6	6	6
ACID SOLUBLE %	Pearson Correlation	-.030	1	.318	-.212	-.392
	Sig. (2-tailed)		.955	.539	.687	.442
	N	6	6	6	6	6
REDUCIBLE %	Pearson Correlation	.120	.318	1	.224	-.880*
	Sig. (2-tailed)		.821	.539	.670	.021
	N	6	6	6	6	6
OXIDAZIBLE %	Pearson Correlation	-.813*	-.212	.224	1	-.590
	Sig. (2-tailed)		.049	.687	.670	.218
	N	6	6	6	6	6
RESIDUAL%	Pearson Correlation	.331	-.392	-.880*	-.590	1
	Sig. (2-tailed)		.521	.442	.021	.218
	N	6	6	6	6	6

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



Lampiran 14. Hasil Analisis Fraksinasi Logam Berat Cu dalam Sedimen.

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 A	0.112	0.1229	0.0002	0	0.909682669	0.909682669	1.0582	40		34.39	35.24
PACS 2 A	0.112	0.1228	0.0002	0	0.910423453	0.910423453	1.0582	40		34.41	
PACS 2 A	0.112	0.1228	0.0002	0	0.910423453	0.910423453	1.0582	40		34.41	
PACS 2 B	0.110	0.1228	0.0002	0	0.894136808	0.894136808	1.0055	40		35.57	35.79
PACS 2 B	0.110	0.1228	0.0002	0	0.894136808	0.894136808	1.0055	40		35.57	
PACS 2 B	0.112	0.1228	0.0002	0	0.910423453	0.910423453	1.0055	40		36.22	
PACS 2 C	0.113	0.1228	0.0002	0	0.918566775	0.918566775	1.0027	40		36.64	36.32
PACS 2 C	0.110	0.1228	0.0002	0	0.894136808	0.894136808	1.0027	40		35.67	
PACS 2 C	0.113	0.1228	0.0002	0	0.918566775	0.918566775	1.0027	40		36.64	

- Fraksi Acid Soluble.

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
T.jkt 1 T	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0028	40	1	0.26	0.37
	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0028	40	1	0.58	
	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0028	40	1	0.26	
T.jkt 1 Tt DUP	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0016	40	1	0.26	0.37
	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0016	40	1	0.26	
	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0016	40	1	0.58	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
T.jkt 2 T	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0020	40	1	0.58	0.28
	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0020	40	1	0.26	
	0.000	0.1229	0.0002	0	-0.0016273	-0.001627339	1.0020	40	1	0.00	
T.jkt 3 T	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0057	40	1	0.26	0.26
	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0057	40	1	0.26	
	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0057	40	1	0.26	
T. jkt 1 B	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0010	40	1	0.26	0.48
	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0010	40	1	0.59	
	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0010	40	1	0.59	
T.jkt 2 B	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0142	40	1	0.58	0.28
	0.000	0.1229	0.0002	0	-0.0016273	-0.001627339	1.0142	40	1	0.00	
	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0142	40	1	0.26	
T.jkt 3 B	0.001	0.1229	0.0002	0	0.00650936	0.006509357	1.0019	40	1	0.26	0.28
	0.000	0.1229	0.0002	0	-0.0016273	-0.001627339	1.0019	40	1	0.00	
	0.002	0.1229	0.0002	0	0.01464605	0.014646054	1.0019	40	1	0.58	

- Fraksi Redicuble.

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 A	0.029	0.1227	0.0001	0	0.235533822	0.235533822	1.0582	40	10	89.03	89.03
PACS 2 A	0.028	0.1227	0.0001	0	0.227383863	0.227383863	1.0582	40	10	85.95	
PACS 2 A	0.030	0.1227	0.0001	0	0.243683782	0.243683782	1.0582	40	10	92.11	
PACS 2 B	0.027	0.1227	0.0001	0	0.219233904	0.219233904	1.0055	40	10	87.21	85.05
PACS 2 B	0.026	0.1227	0.0001	0	0.211083945	0.211083945	1.0055	40	10	83.97	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 B	0.026	0.1227	0.0001	0	0.211083945	0.211083945	1.0055	40	10	83.97	
PACS 2 C	0.025	0.1227	0.0001	0	0.202933985	0.202933985	1.0027	40	10	80.96	82.04
PACS 2 C	0.026	0.1227	0.0001	0	0.211083945	0.211083945	1.0027	40	10	84.21	
PACS 2 C	0.025	0.1227	0.0001	0	0.202933985	0.202933985	1.0027	40	10	80.96	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
T.jkt 1 T	0.007	0.1227	0.0001	0	0.05623472	0.05623472	1.0028	40	1	2.24	2.13
	0.006	0.1227	0.0001	0	0.04808476	0.04808476	1.0028	40	1	1.92	
	0.007	0.1227	0.0001	0	0.05623472	0.05623472	1.0028	40	1	2.24	
T.jkt 1 Tt DUP	0.006	0.1227	0.0001	0	0.04808476	0.04808476	1.0016	40	1	1.92	2.03
	0.007	0.1227	0.0001	0	0.05623472	0.05623472	1.0016	40	1	2.25	
	0.006	0.1227	0.0001	0	0.04808476	0.04808476	1.0016	40	1	1.92	
T.jkt 2 T	0.006	0.1227	0.0001	0	0.04808476	0.04808476	1.0020	40	1	1.92	2.14
	0.006	0.1227	0.0001	0	0.04808476	0.04808476	1.0020	40	1	1.92	
	0.008	0.1227	0.0001	0	0.06438468	0.06438468	1.0020	40	1	2.57	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerat
T.jkt 3 T	0.006	0.1227	0.0001	0	0.04808476	0.04808476	1.0057	40	1	1.91	1.70
	0.005	0.1227	0.0001	0	0.0399348	0.0399348	1.0057	40	1	1.59	
	0.005	0.1227	0.0001	0	0.0399348	0.0399348	1.0057	40	1	1.59	
T. jkt 1 B	0.009	0.1227	0.0001	0	0.07253464	0.07253464	1.0010	40	1	2.90	2.68
	0.008	0.1227	0.0001	0	0.06438468	0.06438468	1.0010	40	1	2.57	
	0.008	0.1227	0.0001	0	0.06438468	0.06438468	1.0010	40	1	2.57	
T.jkt 2 B	0.001	0.1227	0.0001	0	0.00733496	0.00733496	1.0142	40	1	0.29	0.50
	0.002	0.1227	0.0001	0	0.01548492	0.01548492	1.0142	40	1	0.61	
	0.002	0.1227	0.0001	0	0.01548492	0.01548492	1.0142	40	1	0.61	
T. jkt 3 B	0.002	0.1227	0.0001	0	0.01548492	0.01548492	1.0019	40	1	0.62	0.73
	0.003	0.1227	0.0001	0	0.02363488	0.02363488	1.0019	40	1	0.94	
	0.002	0.1227	0.0001	0	0.01548492	0.01548492	1.0019	40	1	0.62	

• Fraksi Oxidizable

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 A	0.035	0.1199	0.0005	0	0.287739783	0.287739783	1.0582	50	10	135.96	137.27
PACS 2 A	0.036	0.1199	0.0005	0	0.296080067	0.296080067	1.0582	50	10	139.90	
PACS 2 A	0.035	0.1199	0.0005	0	0.287739783	0.287739783	1.0582	50	10	135.96	
PACS 2 B	0.033	0.1199	0.0005	0	0.271059216	0.271059216	1.0055	50	10	134.79	136.17
PACS 2 B	0.033	0.1199	0.0005	0	0.271059216	0.271059216	1.0055	50	10	134.79	
PACS 2 B	0.034	0.1199	0.0005	0	0.279399500	0.279399500	1.0055	50	10	138.94	
PACS 2 C	0.030	0.1199	0.0005	0	0.246038365	0.246038365	1.0027	50	10	122.69	121.30
PACS 2 C	0.029	0.1199	0.0005	0	0.237698082	0.237698082	1.0027	50	10	118.53	
PACS 2 C	0.030	0.1199	0.0005	0	0.246038365	0.246038365	1.0027	50	10	122.69	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
T.jkt 1 T	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0028	50	1	1.04	1.04
	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0028	50	1	1.04	
	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0028	50	1	1.04	
T.jkt 1 Tt DUP	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0016	50	1	1.04	1.18
	0.004	0.1199	0.0005	0	0.02919099	0.02919099	1.0016	50	1	1.46	
	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0016	50	1	1.04	
T.jkt 2 T	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0020	50	1	1.04	0.76
	0.002	0.1199	0.0005	0	0.01251043	0.01251043	1.0020	50	1	0.62	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
	0.002	0.1199	0.0005	0	0.01251043	0.01251043	1.0020	50	1	0.62	
T. jkt 3 T	0.004	0.1199	0.0005	0	0.02919099	0.02919099	1.0057	50	1	1.45	1.17
	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0057	50	1	1.04	
	0.003	0.1199	0.0005	0	0.02085071	0.02085071	1.0057	50	1	1.04	
T. jkt 1 B	0.001	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0010	50	1	0.21	0.14
	0.001	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0010	50	1	0.21	
	0.000	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0010	50	1	0.00	
T. jkt 2 B	0.000	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0142	50	1	0.00	0.07
	0.001	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0142	50	1	0.21	
	0.000	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0142	50	1	0.00	
T. jkt 3 B	0.001	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0019	50	1	0.21	0.21
	0.001	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0019	50	1	0.21	
	0.001	0.1199	0.0005	0	0.00417014	0.00417014	1.0019	50	1	0.21	

• Fraksi Residual

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
PACS 2 A	0.044	0.1189	-0.0001	0	0.370899916	0.370899916	1.0582	50	1	17.53	17.66
PACS 2 A	0.045	0.1189	-0.0001	0	0.379310345	0.379310345	1.0582	50	1	17.92	
PACS 2 A	0.044	0.1189	-0.0001	0	0.370899916	0.370899916	1.0582	50	1	17.53	

PACS 2 B	0.045	0.1189	-0.0001	0	0.379310345	0.379310345	1.0055	50	1	18.86	18.44
PACS 2 B	0.044	0.1189	-0.0001	0	0.370899916	0.370899916	1.0055	50	1	18.44	
PACS 2 B	0.043	0.1189	-0.0001	0	0.362489487	0.362489487	1.0055	50	1	18.03	
PACS 2 C	0.040	0.1189	-0.0001	0	0.337258200	0.337258200	1.0027	50	1	16.82	16.82
PACS 2 C	0.040	0.1189	-0.0001	0	0.337258200	0.337258200	1.0027	50	1	16.82	
PACS 2 C	0.040	0.1189	-0.0001	0	0.337258200	0.337258200	1.0027	50	1	16.82	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerata
T.jkt 1 T	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0028	50	1	8.01	8.01
	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0028	50	1	8.01	
	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0028	50	1	8.01	
T.jkt 1 Tt DUP	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0016	50	1	8.02	8.02
	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0016	50	1	8.02	
	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0016	50	1	8.02	
T.jkt 2 T	0.021	0.1189	-0.0001	0	0.17746005	0.17746005	1.0020	50	1	8.86	8.44
	0.020	0.1189	-0.0001	0	0.16904962	0.16904962	1.0020	50	1	8.44	
	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.16063919	0.16063919	1.0020	50	1	8.02	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc	Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerat
T.jkt 3 T	0.020	0.1189	-0.0001	0	0.1690496 2	0.1690496 2	1.005 7	50	1	8.40	7.99
	0.019	0.1189	-0.0001	0	0.1606391 9	0.1606391 9	1.005 7	50	1	7.99	
	0.018	0.1189	-0.0001	0	0.1522287 6	0.1522287 6	1.005 7	50	1	7.57	
T. jkt 1 B	0.022	0.1189	-0.0001	0	0.1858704 8	0.1858704 8	1.001 0	50	1	9.28	9.00
	0.021	0.1189	-0.0001	0	0.1774600 5	0.1774600 5	1.001 0	50	1	8.86	
	0.021	0.1189	-0.0001	0	0.1774600 5	0.1774600 5	1.001 0	50	1	8.86	
T.jkt 2 B	0.015	0.1189	-0.0001	0	0.1269974 8	0.1269974 8	1.014 2	50	1	6.26	6.12
	0.015	0.1189	-0.0001	0	0.1269974 8	0.1269974 8	1.014 2	50	1	6.26	
	0.014	0.1189	-0.0001	0	0.1185870 5	0.1185870 5	1.014 2	50	1	5.85	
T. jkt 3 B	0.005	0.1189	-0.0001	0	0.0428931 9	0.0428931 9	1.001 9	50	1	2.14	2.14
	0.006	0.1189	-0.0001	0	0.0513036 2	0.0513036 2	1.001 9	50	1	2.56	
	0.004	0.1189	-0.0001	0	0.0344827	0.0344827	1.001	50	1	1.72	

ID Sampel	Abs	Slope	Intercept	Blank	Conc		Conc	berat	vol	dilution	Conc	Rerat
					6		6	9				



Lampiran 15 Dokumentasi Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1		<p>Proses pembersihan Alat sebelum digunakan</p>
2		<p>Persiapan sampel sebelum di panaskan</p>
3		<p>Sampel sedimen yang telah di haluskan</p>
4		<p>Proses penimbangan sample sedimen sebanyak 1 gr</p>

5		<p>Proses pemanasan cawan porselin dengan suhu 500 °C dengan menggunakan tanur</p>
6		<p>Proses penstabilan suhu cawan porselin dengan menggunakan desikator</p>
7		<p>Proses penimbangan cawan porselin</p>
8		<p>Proses pengayakan sampel sedimen</p>

9		Proses destruksi sedimen dengan menggunakan Mircowave CEM
10		Penyaring sampel sedimen yang telah di destruksi
11		Pembuatan Regen untuk proses Sequencing
12		Proses shaker sampel sedimen

13		Proses sentrifus sampel sedimen
14		Dekantasi sampel sedimen yang telah disentrifus
15		Pemanasan sampel residul F3 dengan menggunakan waterbath
16		Pemberian regen pada Fase F3
17		Sampel sedimen yang sudah di beri regen

